Zur

Anatomie einiger Keimblätter.

Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie dieser Organe.

Inaugural-Dissertation

welche

nebst beigefügten Thesen

mit

Genehmigung der hohen philosophischen Facultät der Universität Breslau

zur Erlangung der Doctorwürde

Freitag, den 21. Juni, 12 Uhr mittags, in der Aula Leopoldina

gegen die Herren Opponenten

Georg Gürich,

Dr. phil., Privatdocent und Assistent am mineralogischen Museum zu Breslau

und

Conrad Känsche,

Drd. phil., Assistent am zoologischen Institut zu Breslau

öffentlich vertheidigen wird

Paul Kumm

Assistent am botanischen Garten der grossherzogl. technischen Hochschule
zu Karlsruhe i. B.

BRESLAU 1889.

Buchdruckerei von Anton Schreiber.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Geheimen Regierungsrat

Professor Dr. Ferdinand Cohn

zu Breslau

in Hochachtung und Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.

Omnis scientia in similium collatione et dissimilium distinctione constat.
Caesalpinius.

Einleitung.

I.

Die mannigfaltigen und eigenartigen Erscheinungen bei der Keimung der Samen haben schon früh die Aufmerksamkeit der Botaniker auf die Keimpflanzen gelenkt. Naturgemäss traten bei diesen ersten eingehenderen Untersuchungen diejenigen Eigenschaften in den Vordergrund, bei welchen sich die Verschiedenheiten am deutlichsten aussprachen. Die morphologischen Abweichungen waren es, welche zunächst die Aufmerksamkeit der Forscher, von Malpighi an, dem Ersten, der sorgfältige Beschreibungen von der Keimung phanerogamer Pflanzen geliefert hat, auf sich zogen.

Mirbel und Richard in den beiden ersten, A. P. de Candolle und Tittmann im zweiten und dritten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts sind die bedeutendsten Forscher in dieser Richtung; und als ein Beispiel dessen, was damals geleistet war, kann man das Werk von Johann August Tittmann[1]) ansehen, in welchem die Abbildungen von nicht weniger als 100 Keimpflanzen in verschiedenen Entwickelungsstadien und die Beschreibungen derselben, sowie des ungefähren Verlaufs ihrer Keimung gegeben werden.

Die Nachfolge dieser Männer haben in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts nächst Th. Irmisch, der am meisten in dieser Richtung geschaffen hat, vor allem A. Braun, R. Caspary, F. Buchenau, E. Warming und A. Winkler übernommen.[2])

Seit dem Ende der fünfziger Jahre unseres Jahrhunderts hat sich neben dieser Richtung eine zweite herausgebildet, die vor allem darauf hinzielt,

[1]) Johann August Tittmann: Die Keimung der Pflanzen durch Beschreibungen und Abbildungen einzelner Samen und Keimpflanzen erläutert. Dresden 1821.

[2]) Ein Verzeichniss der Arbeiten dieser Forscher enthält die weiter unten angeführte Arbeit von G. Klebs.

die physiologischen Leistungen der einzelnen Organe der Keimpflanze zu erforschen, und die besonders den Stoffumsatz und die Stoffwanderungsverhältnisse in der Keimpflanze zu untersuchen bestrebt ist.

Diese Betrachtungsweise, die an die grundlegenden Arbeiten von J. von Sachs[3]) anknüpft, hat sich in der kurzen Zeit ihres Bestehens sehr rasch Bahn gebrochen und eine Literatur hervorgebracht, welche kaum minder bedeutend ist als die der vorigen Schule. Van Tieghem, Pfeffer, De Vris sind die Hauptförderer dieser Richtung, und ihnen gesellen sich zahlreiche andere an.

Mit einer dritten Reihe von Erscheinungen in dem Verlaufe der Keimung beschäftigen sich die Arbeiten, die bemüht sind, den Zusammenhang zu ergründen, in dem die physiologischen und morphologischen Erscheinungen der Keimung mit den Thatsachen der umgebenden Aussenwelt stehen. Die ersten Vertreter dieser Richtung, welche die biologischen oder ökologischen Gesichtspunkte in den Vordergrund stellt, sind G. Haberlandt[4]) und Ch. Darwin[5]), denen sich eine Reihe anderer Forscher anschliessen, ohne dass die Zahl der einschlägigen Arbeiten auch nur annähernd so gross wäre wie bei den ersten beiden Gruppen. In den letzten Jahren ist von diesem Gesichtspunkte aus durch Georg Klebs eine ausserordentlich sorgfältige und inhaltsreiche Bearbeitung der Keimungserscheinungen geliefert worden.[6])

Ein vierter Gesichtspunkt bei der Bearbeitung der Keimungserscheinungen, derjenige der anatomischen Betrachtung, den auch die vorliegende Arbeit innehalten wird, ist in selbständigen Abhandlungen und mit bestimmter Fragestellung eigentlich erst in dem letzten Jahrzehnt in Angriff genommen worden. Erst musste, wie es durch die Arbeiten von Sachs' und seiner Nachfolger geschah, nachgewiesen werden, dass gewisse physiologische Erscheinungen, vor allem die Nahrungsaufnahme und die Stoffleitung, bei der Keimpflanze ganz anders verlaufen wie bei der fertigen Pflanze, erst musste durch Schwendener und seine Schüler festgestellt werden, dass ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Funktion und innerem Bau, zwischen physiologischem und anatomischem Verhalten der Pflanze vorhanden ist, ehe der Weg für die anatomische Untersuchung der Keimpflanzen klargelegt war durch die Frage: Da die physiologischen Erscheinungen der Keimpflanze so vielfach

---

[3]) J. von Sachs: 1) Physiologische Untersuchungen über die Keimung der Schminkbohne. Sitz.-Ber. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1859. 2) Über die Keimung ölhaltiger Samen. Bot. Zeit. 1859. 3) Zur Keimungsgeschichte der Gräser. Bot. Zeit. 1862. 4) Zur Keimungsgeschichte der Dattel. Bot. Zeit. 1862. 5) Über die Keimung des Samens von Allium Cepa. Bot. Zeit. 1863.

[4]) G. Haberlandt: Die Schutzeinrichtungen in der Entwickelung der Keimpflanze. Wien 1877.

[5]) Ch. Darwin: Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. 1881.

[6]) Georg Klebs: Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. 1884. Untersuch. aus dem bot. Inst. zu Tübingen. Bd. I.

von denen der ausgebildeten Pflanze abweichen, sollten dann nicht auch Differenzen im anatomischen Baue beider sich zeigen?

Vereinzelt finden sich Angaben über den anatomischen Bau der Keimpflanzen in den Arbeiten der morphologischen Schule, häufiger sind sie in denen der physiologischen Forscher; aber im ersteren Falle sind die anatomischen Verhältnisse nur zufällig untersucht und im zweiten entweder nur insofern eine Behandlung derselben sich für die Zwecke der physiologischen Forschung als nötig erwies — hierher gehören die Angaben über den Zellinhalt der Keimpflanzen — oder aber insofern sich dieselben ohne weiteres bei der physiologischen Untersuchung ergaben. Besonders die zuerst von Sachs[7]) in umfassender Weise durchgeführte mikrochemische Methode, bei der die Stoffverteilung im mikroskopischen Schnitte selber untersucht wird, brachte vielfach die Gelegenheit, neben der physiologischen auch die anatomische Seite des Gegenstandes zu berücksichtigen. So enthalten gerade die Arbeiten von Sachs und denen, die den gleichen Weg beschritten, eine ganze Reihe von anatomischen Angaben, die auch vielfach sofort in Beziehung zu den physiologischen Thatsachen gesetzt wurden.

Eine vollständige Übersicht des durch diese beiden Gruppen von Arbeiten für die Anatomie der Keimpflanzen Geleisteten ist nicht vorhanden. Der schon erwähnten Arbeit von G. Klebs[8]) ist ein Verzeichnis beigegeben, das die ihm bekannten, über die Morphologie der Keimung und den inneren Bau der Samen handelnden Abhandlungen enthält. Die Zahl der darin aufgeführten Arbeiten beträgt c. 535, obwol fast nur Arbeiten unseres Jahrhunderts berücksichtigt wurden. Es wäre nicht schwer die Zahl der zu verzeichnenden Arbeiten um einige hundert Nummern zu vermehren, wenn man die Literatur über die Physiologie der Keimung mit aufnähme. Es ergiebt sich daraus von selbst, dass eine vollkommene Übersicht über die in diesen Arbeiten gegebenen anatomischen Details nur auf Grund eines langwierigen Literaturstudiums gewonnen werden kann, umsomehr als die Literatur hier so zersplittert und unübersichtlich ist, wie in kaum einem anderen Gebiete der botanischen Wissenschaft.

Gegenüber dieser überschwänglichen Fülle der von den beiden ersten Gesichtspunkten ausgehenden Literatur, ist die Zahl derjenigen Arbeiten, welche sich in erster Linie mit der Anatomie der Keimpflanzen beschäftigen, eine ganz ausserordentlich geringe, ganz besonders wenn man die Arbeiten, welche sich vorwiegend mit der chemischen Natur und der Gestaltung der Inhaltskörper der Zellen befassen, und welche naturgemäss meist von physiologischer Seite ausgegangen sind, ausser Acht lässt. Übergehen wir diese Arbeiten, was um so mehr gerechtfertigt ist, als auch die vorliegende

[7]) J. Sachs: Ueber einige neue mikroskopisch chemische Reactionsmethoden. Sitz.-Ber. der math. nat. Klasse d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1859.

[8]) l. c. p. 615—631.

Untersuchung sich in erster Linie mit der Form der Zellen und Gewebe beschäftigt, so bleiben eigentlich nur vier Abhandlungen als in das specielle Gebiet dieser Untersuchung schlagend übrig, von denen die erste in das Jahr 1864, die drei folgenden in die Jahre 1884 und 1887 fallen.

Die erste dieser Arbeiten, von Arthur Gris: „Recherches anatomiques et physiologiques sur la germination“ [9]) entstand als die Beantwortung einer 1861 von der französischen Akademie gestellten Preisfrage: „Etudier les changements qui s'opèrent pendant la germination dans la constitution des tissus de l'embryon et du périsperme ainsi que dans les matières, que ces tissus renferment.“

Die Arbeit zerfällt in drei Teile, von denen der erste eine historische Übersicht der betreffenden Literatur, vor allem der Untersuchungen deutscher Forscher (Hartig und Sachs) giebt, während der dritte eine kurze Übersicht der sich aus der Arbeit ergebenden Resultate bringt. Für die vorliegende Besprechung kommt am meisten in Betracht der zweite Teil, in dem die Untersuchungen Gris' niedergelegt sind. Der Weg für seine Untersuchungen war ihm durch die Erläuterungen der Akademie zu der Preisfrage angewiesen worden. Es war eine auf mikroskopische und chemische Untersuchungen gestützte Beantwortung der gestellten Fragen sowol für die epigäisch keimenden wie für die hypogäisch keimenden, sowol für die endospermhaltigen wie für die endospermlosen, und unter den ersteren sowol für die, deren Endosperm hauptsächlich Stärke wie für die, bei denen es Oel und endlich die, bei denen es vorwiegend Cellulose enthält, verlangt worden. Dieser ausserordentlich vielseitigen Fragestellung ist es zu verdanken, dass die Arbeit auch jetzt noch als ein wichtiger Beitrag zu den in Rede stehenden Fragen angesehen werden kann.

Obwohl der Verfasser selbst erklärt, dass er sich bei der Untersuchung mit Vorliebe mit dem Verhalten des Aleuron befasst habe, enthält die Arbeit eine grosse Anzahl von Angaben über die Anatomie der Keimpflanzen. Untersucht wurden Ricinus communis, Mirabilis longiflora, Anchusa italica, Lagenaria vulgaris, Cytisus Laburnum, Phaseolus multiflorus und vulgaris, Zea Mais, Canna aurantiaca und Phoenix dactylifera. Auf den vierzehn Tafeln, welche der Arbeit beigegeben sind, finden sich zahlreiche Zeichnungen auch über die Anatomie des Zellgerüstes der Keimblätter. Die Zeichnungen sind etwas klein und nicht immer vollkommen genau.

Durch einen Zufall — denn ich bekam die Arbeit von Gris erst zu Gesicht, als meine eigenen Untersuchungen schon ziemlich weit vorgerückt waren — sind in der vorliegenden Arbeit einzelne Pflanzen einer eingehenden Untersuchung unterworfen, von denen nahe Verwandte schon von Gris in den Kreis der Betrachtung gezogen waren. In diesem Falle sind die Grundzüge der Gris'schen Arbeit meist durch meine Untersuchungen bestätigt worden,

[9]) Annal. d. scienc. nat. Botan. 5 sér. t. 2. Paris 1864.

und manche Thatsache, die ich auf Grund meiner Beobachtungen selbstständig gefunden habe und für neu hielt, ist mehr oder minder genau schon von Gris angegeben worden.

Zwanzig Jahre seit dem Erscheinen der eben besprochenen Arbeit verflossen, ehe die erwähnten beiden Bedingungen für eine bewusste Weiterführung der Frage in richtiger Weise zusammentrafen. Im Jahre 1884 erschien eine unter Anleitung Schwendeners fertig gestellte Arbeit von Max Ebeling: „Die Saugorgane bei der Keimung endospermhaltiger Samen.“[10])

Ausgehend von der Thatsache, dass bei endospermhaltigen Samen die Keimpflanze im Laufe der Keimung die in dem Endosperm enthaltenen Bau- und Bildungsstoffe aufsaugt, fragte Ebeling sich, ob diesem eigenartigen physiologischen Prozess entsprechend nicht auch eine besondere anatomische Konstruktion der Keimpflanze vorliege und untersuchte eine Reihe von Keimlingen auf diesen Gesichtspunkt hin. Acht monokotyle Familien, unter ihnen die Palmen, Gramineen und Cyperaceen am ausführlichsten, zwanzig Dikotyledonen-Familien und einige Gymnospermen, insgesamt eine beträchtliche Anzahl von Pflanzenarten wurden untersucht und die Resultate in kurzer Form zusammengestellt. Wenngleich die Arbeit nur diese eine Frage berücksichtigt, kann sie doch als ein schätzenswerter Beitrag zur vergleichenden Anatomie der Keimblätter angesehen werden, um so mehr als sie sich auf ein recht breites Material stützt.

Nachdem so die Frage nach dem anatomischen Bau der Keimblätter einmal aufgeworfen war, liessen neue Beiträge zur Lösung derselben nicht lange auf sich warten. Zunächst erschien eine Arbeit von Georg Firtsch: „Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Keimpflanze der Dattelpalme“[11]), die 1886 unter G. Haberlandts Leitung vollendet wurde. Die Arbeit will für die Keimpflanze dieser einen Species eine genaue Darstellung der anatomischen Verhältnisse vom physiologischen Standpunkte geben. Die Untersuchung ist mit Sorgfalt durchgeführt und bringt eine Reihe von neuen Details über den Dattelkeimling. Und da die Dattelpalme geeignet ist als Vertreter einer der grossen Abteilungen zu dienen, in welche mit Rücksicht auf die Keimung die Pflanzen eingeteilt werden können, so war eine genaue Erforschung der anatomischen Verhältnisse ihres Keimlings wohl an der Stelle.

Eng an diese Arbeit von Firtsch schliesst sich die letzte der hier zu besprechenden Abhandlungen an, Otto Gehrke: „Beiträge zur Kenntniss der Anatomie von Palmenkeimlingen“.[12]) Der Verfasser hat nach seinen Worten die Absicht für die Keimpflanzen festzustellen: 1) wie weit der innere Bau der einzelnen Palmen mit dem von Phoenix dactylifera übereinstimme, 2) welcher Art die Abweichungen bei ihnen seien und 3) bis zu welchem

[10]) Berlin 1884, Inauguraldissertation; auch Flora 1884.
[11]) Sitz.-Ber. der k. k. Akad. d. Wiss. math. nat. Cl. Wien 1886.
[12]) Inauguraldissertation, Berlin 1887.

Grade die gefundenen Verhältnisse sich in Einklang bringen lassen mit den klimatischen. Es wurden elf Palmenarten in den Kreis der Beobachtung gezogen, doch ist die Arbeit arm an selbständigen neuen Beobachtungen und vermeidet ein tieferes Eindringen in den Gegenstand.

II.

Wenn wir die Pflanzen nach den in das Wesen ihrer Keimung am tiefsten einschneidenden Verschiedenheiten einteilen, so können wir vier Gruppen unterscheiden: 1) Epigäisch keimende ohne Endosperm, deren Keimblätter im Verlaufe der Keimung sich mehr oder minder stark entwickeln und unter dem Einflusse des Lichtes ergrünen, und deren Keimling selbst in der Jugend ein im Samen befindliches Nährgewebe nicht besitzt; 2) Epigäisch keimende mit Endosperm, deren Keimblätter gleich denen der ersten Gruppe ergrünen und gross werden, bei denen aber der Keimling in der Jugend einen Hauptteil seiner Nahrung aus einem im Samen vorhandenen Nährgewebe entnimmt; 3) Hypogäisch keimende mit Endosperm, bei denen die Keimblätter der Hauptsache nach unter der Erde bleiben und allein oder mit anderen Teilen der Keimpflanze zugleich zur Aufsaugung der im Endosperm enthaltenen Nährstoffe dienen und 4) Hypogäisch keimende ohne Endosperm, dei denen die Keimblätter in der Regel unter der Erde bleiben und eine weitere Entwickelung fast gar nicht durchmachen, auch nicht mit einem Nährgewebe versehen sind, sondern selber als die Haupt-Reservestoffbehälter der Keimpflanze fungieren.

Von diesen vier Gruppen ist für die endospermhaltigen hypogäisch keimendem Samen durch die angeführten Arbeiten von Firtsch und Ebeling und nebenher von Sachs und Gris eine Reihe von Beobachtungen gemacht worden. Die hypogäisch keimenden endospermlosen[13]) Samen weisen in Übereinstimmung mit der geringen morphologischen Ausbildung ihrer Keimblätter eine kaum merkliche Differenzierung in dem Bau des Zellgerüstes derselben auf. Bei ihnen sind es vor allem die Inhaltskörper, welche in reicher Masse und mannigfaltiger Differenzierung vorhanden sind.

Dagegen sind wir für die Anatomie der ergrünenden Keimblätter, abgesehen von unwesentlichen Notizen in Ebelings Arbeit auf die Untersuchungen von Gris angewiesen, dessen Arbeit zwar eine Reihe von brauchbaren Angaben enthält, aber entsprechend den mannigfaltigen Gesichtspunkten, denen sie nachgeht, die detaillierte Beschreibung solcher Keimblätter und ihrer Entwickelung nicht bringt.

[13]) Als endospermlos sind hier alle die Samen bezeichnet, welche kein als Nährstoffbehälter fungierendes Endo- oder Perisperm enthalten.

In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, diese Lücke unserer Kenntniss von der Anatomie der Keimblätter durch die Beschreibung der dahin gehörigen Erscheinungen bei einer Anzahl ergrünender Keimblätter auszufüllen und somit einen Beitrag an Material zu einer vergleichenden Anatomie der Keimblätter zu liefern.

Untersucht wurden die endospermlosen epigäischen Keimblätter von Cucurbita maxima Duch., Cucumis sativus L., Helianthus annuus L., Impatiens parviflora D. C., Fagus silvatica L. und Lupinus luteus L., L. angustifolius L., L. polyphyllus Dougl., L. perennis L., L. Moritzianus; von endospermhaltigen, epigäisch keimenden Samen die Keimblätter von Ricinus communis L. in verschiedenen Varietäten (Ricinus borboniensis arboreus, R. sanguineus und R. major), Tilia europaea L., Capsicum annuum L., Foeniculum officinale All. und Abies alba Mill. (= A. pectinata D. C.). Von hypogäisch keimenden Pflanzen wurden teils zum Vergleich, teils zur vorherigen Orientierung berücksichtigt Phaseolus multiflorus Willd. und Vicia Faba L. als endospermlose und Zea Mais L. und Coix Lacryma L. als endospermhaltige.

Eigene Untersuchungen.

Pflanzen, deren Samen kein Endosperm enthalten.

Cucurbita maxima Duch.

Das im Samen ruhende Keimblatt von Cucurbita maxima stellt äusserlich ein elliptisches, ca. 2 cm langes, 1 cm breites, fleischiges Gebilde dar. In der Längsmittellinie ist dasselbe am dicksten, nach den Rändern zu wird es allmählich dünner. Die Aussenseite ist glatt, die Innenseite, an der die beiden Keimblätter zusammenstossen, zeigt teils unregelmässige Skulpturen und Faltungen, teils eine Anzahl von aus der Basis des Blattes fächerförmig nach der Spitze und dem Rande ausstrahlenden Linien, die die Anlagen der Hauptgefässbündel des entwickelten Blattes darstellen. Das Blatt ist stiellos.

Die Hauptmasse des Blattes in diesem ungekeimten Zustande wird gebildet von einem parenchymatischen Mesophyll, das an den dickeren Teilen aus ca. 15—20 unregelmässigen Zelllagen besteht. Die Zellen sind isodiametrisch, dünnwandig und schliessen verhältnissmässig dicht aneinander, so dass nur kleinere Intercellularräume zwischen ihnen bleiben.

Bekleidet ist dieses Mesophyll auf beiden Seiten von einer Epidermis. Die Epidermiszellen der Oberseite sind bedeutend grösser und ein wenig dickwandiger als die der Unterseite, welche letztere sehr klein sind. Die einzelnen Zellen schliessen dicht und vollkommen lückenlos an einander. Sie sind von im Ganzen geraden, nur selten schwach gebogenen Linien umgrenzt.

In der Art und Weise ihrer Zusammenlagerung und in ihrer allgemeinen Form unterscheiden sie sich nicht wesentlich von der Gestalt jugendlicher Epidermiszellen überhaupt. Differenzierungen wie Spaltöffnungen und Trichombildungen sind nicht vorhanden. Auch sind keine Zellen mit Sicherheit als Anlagen solcher Gebilde zu unterscheiden.

Durchzogen wird das Blatt von ca. 10 Hauptfibrovasalsträngen, welche nahe an der Unterseite des Blattes in dem Mesophyll desselben verlaufen. In der Nähe jedes Hauptstranges und in Beziehung zu demselben stehend verlaufen 1—2 Nebenstränge. Sie sind beträchtlich kleiner als die Hauptstränge, liegen nahe an der Oberseite des Blattes und sind häufig durch Querkommissuren verbunden. Die Hauptstränge reichen bis an die Spitze des Blattes, die Nebenstränge verschwinden zum Teil schon eher.

Ihrem inneren Bau nach sind alle diese Bündelanlagen als Procambiumstränge zu bezeichnen.

Auf dem Querschnitte findet man ungefähr in der Mitte eine Region, die sich durch die Schmalheit der Zellen und ihre regelmässige Anordnung als die eigentliche Cambialzone kenntlich macht. Durch diese Region wird der Procambiumstrang in zwei Teile geschieden, einen breiteren, der nach der Unterseite des Blattes hin gelegen ist und das unfertige Protophlöm darstellt, und einen schmaleren, nach der Oberseite des Blattes gerichteten Teil, der sich zu dem Xylemteil des ausgebildeten Keimblattes entwickelt. Die einzelnen Cambiformzellen, aus denen das Bündel zusammengesetzt ist, sind dünnwandig; nur selten findet man schon in diesem Stadium in der Anlage des Gefässteils Zellen mit stark verdickten Wandungen, wie sie für die späteren Holzgefässe des Keimblatts und der anderen Teile der Cucurbita-Pflanze charakteristisch sind. Die Elemente des Stranges schliessen eng aneinander, so dass Intercellularräume in dem eigentlichen Fibrovasalstrang gar nicht vorhanden sind.

Nach der Spitze zu nimmt die Zahl der zu einem Fibrovasalstrang vereinigten Elemente ab, das Gefässbündel wird dünner, aber auch unter diesen einfacheren Verhältnissen bleibt sein Bau ein ähnlicher. Auch die nahe der Oberseite des Blattes gelegenen Nebenbündel haben einen ähnlichen Bau, nur ist die Zahl der sie zusammensetzenden Elemente kleiner.

Auf der Ober- und Unterseite des Blattes begleitet jeden grösseren Fibrovasalstrang eine subepidermale Gewebeanlage, welche im Bau und in der Anordnung ihrer Bestandteile von dem umgebenden Mesophyll sehr verschieden ist. Es sind das Stränge von Zellen, die bedeutend kleiner sind als die umgebenden Mesophyllzellen, viel fester zusammenschliessen als letztere, und die auf dem Querschnitte als in den Ecken schwach verdickt und auf dem Längsschnitt als etwas in die Länge gezogen sich erweisen. An der Blattoberseite sind diese Gewebestränge schmal und greifen tief in das umgebende Mesophyll ein, während sie an der Unterseite des Blattes breiter sind, aber aus einer geringeren Anzahl von Zellschichten bestehen.

Diese Stränge bilden das Protostereom des Keimblatts. Sie begleiten die Procambiumstränge und sind besonders stark am Grunde des Keimblattes entwickelt. Nach der Spitze des Blattes zu werden sie schwächer, um schon in ziemlicher Entfernung von derselben vollkommen zu verschwinden.

Die den Stereomanlagen benachbarten, sie nach aussen begrenzenden Epidermiszellen sind schmäler und mehr längs gestreckt als die anderen Elemente der Epidermis; auch sind hier die Epidermiszellen der Oberseite beträchtlich kleiner, die der Unterseite eben so gross oder sogar etwas grösser als die Epidermiszellen der Umgebung.

In dem Rest des Keimblattmesophylls ist am Blattgrunde eine deutliche Verschiedenheit zwischen dem nach der Blattoberseite gerichteten Mesophyll und dem von der Unterseite nicht bemerkbar, doch muss dieser Umstand auf die hier besonders mächtige Entwickelung der Stereomanlagen und ihr dichtes Zusammenliegen zurückgeführt werden. Je mehr die letzteren nach der Spitze des Blattes hin gegenüber den anderen Gewebeelementen zurücktreten, desto deutlicher lässt sich ein Unterschied zwischen der Ober- und Unterseite des Blattes erkennen. Das Mesophyll im Inneren des Blattes und das der Unterseite angrenzende sind nahezu gleich gestaltet, die dasselbe zusammensetzenden Zellen sind bedeutend grösser als die Epidermiszellen der Blattunterseite. Aus diesem Mesophyllteile entwickelt sich das Schwammparenchym des fertigen Keimblatts. An der Oberseite dagegen lassen sich im Mesophyll zwei vollkommen deutliche Reihen schmaler, cylindrischer Zellen erkennen, die dicht an einander gefügt sind. Ihr Querschnitt ist viel kleiner als der der Mesophyllzellen von der Unterseite, ja sogar kleiner als die Epidermiszellen der Blattoberseite. Diese Zellen bilden die Anlage des Pallisadengewebes.

Zu diesen deutlich formierten zwei Reihen gesellt sich noch eine dritte Reihe, deren Zellen gleichfalls, aber weniger, in die Länge gestreckt und unregelmässiger gelagert, auch weniger fest an einander schliessend sind. Zwischen den Zellen dieser dritten Schicht ziehen sich die meisten der Querverbindungen unter den kleineren Procambiumsträngen hin, und fast auf allen Querschnitten durch das Keimblatt findet man zarte procambiale Strängchen in dieser Schicht verlaufend.

Im weiteren Verlaufe der Keimung ändern sich die morphologischen Verhältnisse der Keimblätter zunächst noch wenig. Fest an einander gelegt und in die Samenschale gehüllt, haben die Keimblätter sich, die erstere voranschiebend, durch den Erdboden gedrängt. Über denselben gelangt, haben sie ein wenig an Grösse zugenommen, die Samenschale abgestreift, um, nachdem sie sich auseinandergebreitet haben, zu ergrünen.

Ausser der Vergrösserung hat auch eine kleine Formveränderung stattgefunden, indem die Blätter sich relativ mehr verbreitert als verlängert haben. Die Unterseite des Blattes lässt eine Anzahl vortretender, fächerförmig sich ausbreitender Rippen erkennen, die Oberseite ist mit einem zarten Hauche

überdeckt, der sich als die Folge einer dünnen und feinen Haarbekleidung herausstellt.

Aber gleichzeitig mit diesen verhältnismässig geringen morphologischen Veränderungen hat eine durchgreifende Umwandlung des anatomischen Baues stattgefunden.

Zwischen die Epidermiszellen, deren Wände sich schwach gekrümmt haben, finden sich auf der Ober- wie auf der Unterseite des Keimblattes zahlreiche Spaltöffnungen in den verschiedensten Entwickelungsstadien eingestreut; einzelne von ihnen sind schon gross und vollkommen ausgebildet, andere noch klein, aber in den Grundzügen schon fertig, während noch andere erst der Anlage nach vorhanden sind. Diese zahlreichen jüngsten Anlagen sind auf den ersten Blick als die Mutterzellen der Schliessapparate kenntlich durch ihre, von der Oberfläche gesehen, von 3 bis 4 Kreissegmenten begrenzte Form.

Auf beiden Seiten des Keimblatts finden sich Trichome; besonders zahlreich sind sie auf der Oberseite, und es lassen sich hier zwei Hauptformen unterscheiden. Der bei weitem grösste Teil der Haare besteht aus 4—7 in einer einfachen Reihe angeordneten cylindrischen Zellen. Die das Haar abschliessende Zelle endigt zugespitzt, die Basalzelle ist den umliegenden Epidermiszellen an Grösse überlegen und unter das Niveau derselben ein wenig eingesenkt.

In geringer Anzahl finden sich daneben kürzere, stumpfendigende Köpfchenhaare, bestehend aus einem von 5—6 cylindrischen kürzeren oder längeren Zellen gebildeten Stiele, welcher an der Spitze ein aus einer wechselnden Anzahl, meist 2—3, Zellen zusammengesetztes Köpfchen trägt, das bald allmählich in den Stiel übergeht, bald scharf von demselben abgesetzt ist. Auch die Unterseite des in diesem Entwickelungsstadium befindlichen Keimblattes trägt vereinzelte Haare, die dann meist zur zweiten Gruppe, den Köpfchenhaaren, gehören.

Die eingehendste Umwandlung aber haben die Fibrovasalstränge und die zu ihnen in Beziehung stehenden Gewebe erfahren. An Stelle der zarten Procambiumstränge sind ziemlich starke, wohl ausgebildete Fibrovasalstränge getreten.

Das Leptom besteht in diesem Zustande teils aus den dünnwandigen Cambiformzellen, denen ähnlich, die schon im Anfangsstadium vorhanden waren, nur mit grösserem Lumen teils aus sehr viel weiteren Elementen, wahrscheinlich Siebröhren, bei denen jedoch das Vorhandensein von Siebtüpfeln nicht direkt beobachtet werden konnte.

Eine gut ausgebildete Cambiumzone trennt den Leptom- von dem Hadromteil. In letzterem finden wir, angrenzend an das Cambium, Gebilde von grossem Lumen aber zarter Wandung. Es sind die letzten, jüngst gebildeten Gefässe, die ihre Verdickungen noch nicht erlangt haben. Weiter vom Cambium entfernt liegt eine Gruppe von Gefässen mit sehr stark verdickten Wandungen. Die Anordnung derselben ist eine wenig regelmässige. Doch

liegen die kleinsten Gefässe nach aussen, also nach der Blattoberseite, während nach dem Cambium zu das Lumen der Gefässe immer grösser wird. Alle diese Gefässe sind durch ein zartwandiges Holzparenchym mit einander verbunden. Noch weiter vom Cambium entfernt überwiegt das Holzparenchym und nur einzelne kleinere Gefässe, unregelmässig in radialen Reihen angeordnet, sind dazwischen eingestreut.

Die das Gefässbündel umgebende Zelllage ist, obwol durch die Gestaltung der einzelnen Zellen oder Zellwände nicht besonders ausgezeichnet, bemerkenswert durch den Umstand, dass sie im Gegensatz zu den sonstigen Zellen des Mesophylls reich an Stärke ist. Sie bildet eine, wenn gleich nicht scharf ausgesprochene, Stärkescheide.

Die bei der Beschreibung des vorigen Stadiums als Protostereom bezeichneten Partieen haben sich zu einem ausserordentlich schönen Collenchym entwickelt. Die Verdickung der Wände in den Ecken der einzelnen Zellen ist sehr deutlich und gleicht manchmal einer polsterartigen Anschwellung. In ihrer sonstigen Gestaltung sind diese Zellen sich gleich geblieben, und auch die darüber liegenden Epidermiszellen haben ihre in die Länge gezogene schmälere Form aus dem vorigen Stadium beibehalten.

Die Hauptmasse des Mesophylls hat in Bezug auf die Gestaltung der einzelnen Elemente und ihre gegenseitige Lagerung keine bedeutende Änderung gegen das vorige Stadium durchgemacht, nur sind die Zellen grösser und weiter geworden. Die Teilung des Mesophylls in Pallisaden- und gewöhnliches Parenchymgewebe ist dieselbe geblieben.

In seiner definitiven Form repräsentiert das Keimblatt ein grosses, laubblattähnliches, ganzrandiges, breit elliptisches Organ von fleischig-schwammiger Beschaffenheit, das durch einen breiten, nicht scharf abgesetzten Stiel an dem hypokotylen Gliede befestigt ist. Das stiellose kleine Keimblatt aus dem Samen hat sich zu einem grossen Gebilde mit circa 2 cm langem Stiel, circa 8 cm langer und circa 5—6 cm breiter Spreite entwickelt, das auf seiner Oberseite dicht mit Haaren besetzt, auf seiner Unterseite dagegen kahl ist. Auf der letzteren treten sehr deutlich die Blattrippen hervor. Von dem Stiele aus treten gesondert circa 10 Stränge in die Spreite hinein und breiten sich dort fächerförmig aus. Sie verzweigen sich, und diese secundären Nerven teilen sich nochmals und nochmals zu einem reichen Strangsystem. Schon die sekundären Nerven, mehr noch die tertiären und quartären Zweige verschiedener Hauptrippen anastomosieren, so dass das Bündelnetz des Blattes ein sehr reiches ist. Besonders schön ist die Ausprägung des Gefässnetzes am Blattrande, wo zwei über einander stehende Bogenreihen die Lamina vor dem Zerreissen schützen.

Die Wandlungen in der anatomischen Gestaltung sind weniger Neubildungen, sie beziehen sich vielmehr auf die Ausbildung der im vorigen Stadium nur angelegten oder doch nicht fertig gewordenen Teile.

Die Epidermis des Keimblattes ist grosszelliger geworden, die Wandungen der Zellen sind mannigfach gekrümmt und zwar bei den Epidermiszellen der Unterseite mehr als bei denen der Oberseite. Die Wandungen der letzteren sind dicker als die der ersteren, und die Zellen der oberseitigen Epidermis sind grösser als die der Unterseite, ein Verhältnis, das also von den frühesten Entwickelungsstufen an sich gleich bleibt.

Auf beiden Blattseiten finden wir zahlreiche fertige Spaltöffnungen, die Anlagen der Schliesszellen aus dem vorigen Stadium sind verschwunden oder ganz selten geworden. Der Schliessapparat ist aus zwei Zellen gebildet, deren Bau in nichts von dem abweicht, den diese Organe gewöhnlich zeigen. Die Schliesszellen liegen in gleicher Höhe mit den übrigen Epidermiszellen. Die Anzahl der Spaltöffnungen auf der Unterseite ist beträchtlich grösser als die auf der Oberseite.

Auch das Haarkleid ist gegen das vorige Stadium ein anderes geworden. Von den beiden vorher vorhandenen Formen der Trichome ist die eine, die der Köpfchenhaare, vollkommen verschwunden. Dagegen haben die Spitzenhaare eine beträchtliche Vermehrung erfahren. Sie sind stärker und kräftiger gebaut als auf der vorigen Entwickelungsstufe, ohne doch die Grundzüge ihrer Gestaltung wesentlich verändert zu haben. Der Bau der Epidermis an der Ansatzstelle der Haare ist ein anderer als an den haarfreien Stellen. An den ersteren Partieen treten anstatt der gewöhnlichen Epidermiszellen 4—7 bedeutend grössere Zellen auf einem ungefähr kreisförmigen Teile der Blattoberfläche zusammen. Auf diesen erhebt sich entweder noch ein Stockwerk von mehreren ähnlich gebauten Zellen, oder es ruht auf ihnen sofort die unterste Zelle des eigentlichen Haares mit ihrem Grunde ein klein wenig in die Blattfläche eingesenkt. Über dieser Basalzelle stehen noch 3—7 weitere Zellen in einfacher Reihe, die unteren meist kürzer und dicker, die oberen lang und schmal. Die oberste Zelle, mit der das Haar endigt, geht in eine meist feine Spitze aus.

Diese Haare finden sich sehr zahlreich auf der Blattoberseite und besonders kräftig entwickelt an den Blattrippen.

Über den Collenchympartieen der Rippen besteht die Epidermis auch im entwickelten Zustande aus längs gestreckten, eng an einander schliessenden Zellen, und finden sich an diesen Stellen keine Spaltöffnungen.

Der Bau der Mestomstränge hat sich gegen das vorige Stadium nur unwesentlich geändert. Die Zahl der zu einem Bündel vereinigten Elemente ist eine grössere geworden, aber die Anordnung derselben ist die gleiche geblieben. Der Blattunterseite zunächst liegt das Leptom, dessen Bestandteile auf dem Querschnitte zum Teil von gekrümmten Wänden begrenzt erscheinen. Die Elemente des Leptoms und der angrenzenden Teile sind in einzelnen Fällen durch eine schwache, aber deutlich sichtbare Querstreifung der Zellwände ausgezeichnet, die von einer treppen- oder ringförmigen Verdickung derselben herzurühren scheint, eine sehr auffällige Erscheinung, da

Leptomelemente sonst eine Verdickungsfaser nie aufweisen. Doch konnte, da diese Erscheinung nur vereinzelt gefunden wurde, eine endgiltige Aufklärung darüber nicht erhalten werden. Dann folgt die jetzt nur undeutliche Cambialzone und endlich der Hadromteil, der ausserordentlich mächtig und stark entwickelt ist. Die Anordnung der Gefässe in radialen Reihen ist auch hier noch bemerklich, aber ebenso wenig regelmässig wie im vorigen Stadium. Die Zahl der in eine Reihe gehörigen Gefässe ist grösser geworden; die Verdickung ist fast ausschliesslich eine spiralige, nur selten finden sich Ringfasern dazwischen. Wie im vorigen Stadium umgiebt auch hier eine wenig deutliche Stärkescheide den Fibrovasalstrang.

Die kleinen Gefässbündel, welche die Anastomosen zwischen den grösseren bilden, zeigen einen weit einfacheren Bau. Sie bestehen der Hauptsache nach aus einer geringen Anzahl von Spiraltracheiden und einigen Leptomelementen. Meist sind sie von einer undeutlichen Stärkescheide umschlossen.

Die die Fibrovasalstränge begleitenden Collenchymrippen finden sich auch im ausgewachsenen Keimblatte, aber die Ecken der Zellen sind bei weitem nicht mehr so stark verdickt wie vorher. Im allgemeinen sind die Zellen des die vorspringenden Rippen bildenden Gewebes in den Ecken mässig verdickt, so dass sie immerhin noch als Collenchym kenntlich sind. In der sonstigen Form dieser Zellen ist eine Änderung nicht eingetreten.

Eine sehr starke Umwandlung hat in der letzten Entwickelungsperiode des Keimblattes das eigentliche Mesophyll erfahren.

An der Oberseite kann man ausser an den Rippen, wo sich Collenchym findet, sehr deutlich die zwei regelmässigen Schichten von Pallisadenzellen wahrnehmen, die eng aneinander schliessen, und eine dritte und häufig auch eine vierte unregelmässige lockere Schicht. Zwischen den Zellen der dritten Schicht oder dicht darunter verlaufen die Abzweigungen und Verbindungsbrücken der kleineren Gefässbündel. Es entsteht dadurch ein sehr vollkommenes Netz von feineren und feinsten Fibrovasalsträngen unterhalb der Pallisadenzellen, ein Umstand, der die Stoffleitung von und zu diesen eigentlich baustoffbildenden Zellen, diesem Hauptassimilationsheerde, sehr begünstigt.

Der Rest des Mesophylls hat sich zu einem recht gut ausgebildeten Schwammgewebe entwickelt, das sich dem für die Unterseite der Laubblätter der meisten höheren Pflanzen charakteristischen stark in seinem Bau nähert. Die Zellen sind unregelmässig gestaltet, häufig in mehrere, wenn auch kurze Arme ausgezogen und stossen nur mit diesen vorspringenden Punkten aneinander, so dass zahlreiche grosse Intercellularräume entstehen, die eine reichliche Durchlüftung und Gasversorgung des ganzen Blattes herbeizuführen im Stande sind.

Die Zahl der das ganze Blatt bildenden Zellschichten ist, so weit es sich bei der unregelmässigen Gruppierung in dem Schwammteile schätzen

lässt, c. 20—25, also gegen die im unentwickelten Keimblatte beobachtete Zahl nur wenig gestiegen.

Mit der Erreichung dieses Baues hat das Keimblatt von Cucurbita maxima seine höchste Ausbildung erlangt. In diesem Zustande ist es befähigt, die aus dem Boden aufgenommenen Nahrungsstoffe selbstthätig in Bau- und Bildungsstoffe umzusetzen und so die weiterwachsenden Teile der Pflanze, die Axe und die jungen Laubblattanlagen, mit denselben zu versorgen, bis die letzteren fähig sind, ihre Funktion zu erfüllen und die Pflanze allein weiter zu erhalten.

Eine Vergleichung der anatomischen Verhältnisse beim Keim- und beim Laubblatte ergiebt keine wesentlichen Unterschiede. Die Epidermis ist beim Laubblatte ähnlich gebaut, nur sind die Wände der einzelnen Zellen mehr gewunden, die Zahl der Spaltöffnungen ist etwas grösser als beim Keimblatte, und die Haare finden sich auf beiden Blattseiten.

Ein bedeutenderer Unterschied liegt insofern vor, als das Laubblatt eine geringere Anzahl von Zellschichten hat und also bedeutend dünner ist wie das Keimblatt. Dafür sind die mechanischen Elemente der Rippen, die diese dünne Spreite zu festigen haben, sehr viel stärker entwickelt. Es ist das ein Verhältnis, das sich bei den meisten Pflanzen mit laubigen Keimblättern in mehr oder minder ausgeprägter Weise findet.

Dem Keimblatte von Cucurbita ähnlich gebaut sind die Keimblätter der meisten anderen Pflanzen mit epigäischem Keimungsverlauf und endospermlosen Samen. Dieselben sollen, da die Grundzüge des anatomischen Baues überall dieselben sind, nur ganz kurz besprochen werden.

Cucumis sativus L.

Das Keimblatt stimmt in seinem ganzen Bau so sehr mit dem von Cucurbita überein, dass eine Beschreibung unterlassen werden kann.

Helianthus annuus L.

Das Keimblatt zeichnet sich gegenüber dem von Cucurbita besonders durch die geringe Mächtigkeit der Gefässbündel aus. Selbst die Hauptstränge weisen nur einen kleinen Querschnitt und eine mässige Zahl von sie zusammensetzenden Elementen auf. Collenchymstränge oder sonstige mechanische Begleiter der Fibrovasalstränge sind nicht vorhanden.

Auch im ungekeimten Zustande sind die Gefässbündelanlagen insofern abweichend von denen von Cucurbita gebaut, als die mittlere, noch eine ganze Zeit hindurch in cambialer Thätigkeit befindliche und durch die regelmässige Anordnung der Zellen in Reihen ausgezeichnete Partie viel weniger breit ist als die Phloem- und die Xylemanlage und daher von diesen, die auch aus etwas weiteren Cambiformzellen von mehr unregelmässiger An-

ordnung bestehen, auf beiden Seiten überragt wird. Die die Hauptstränge verbindenden Anastomosen setzen sich an diese cambiale Region an.

In dem Verlauf der Entwickelung ist auffällig die ausserordentlich frühe Ausbildung der Spaltöffnungen. Schon ganz bei Beginn der Keimung finden sich die dem Umrisse nach ausgebildeten Spaltöffnungen, die in diesem Entwickelungsstadium ungefähr gleich gross, manchmal sogar etwas grösser sind als die übrigen Epidermiszellen, welche im grossen und ganzen noch in derselben Grösse sich finden wie im unentwickelten Keimblatte.

Impatiens parviflora D. C.

Sehr abweichend von dem bei Cucurbita beobachteten ist der Bau der grösseren Gefässbündel, die im Schwammparenchym verlaufen. Nach der Oberseite des Blattes gewendet liegt das Xylem, das neben zahlreichen stark spiralig verdickten Elementen, die in mehrere ziemlich regelmässige, radiale Reihen angeordnet sind, eine geringere Anzahl dünnwandiger Holzparenchymzellen enthält. Nach der Unterseite zu folgt dann eine undeutliche Cambiumzone, sodann eine Zone ganz kleinlumiger, dünnwandiger und unregelmässig gelagerter Zellen, die also schon zum Phloem gehören; weiter nach unten zu liegen zahlreiche, schwach collenchymatisch verdickte Zellen von auffallend weitem Querschnitte. Das aus diesen beiden Teilen bestehende Phloem ist nach aussen, also der Blattunterseite zu, von einer einschichtigen Scheide stark verdickter Zellen begrenzt, welche ihrer ganzen Erscheinung nach nur als Bastzellen angesehen werden können. Diese auf dem Querschnitt sichelförmige Scheide umgiebt die ganze grosszellige Partie des Phloems vollkommen. Wo die kleinzelligen Phloemelemente beginnen, wird die Bastscheide undeutlich, hört auf, und nur eine nicht scharf von der Umgebung abgesetzte Schicht vollkommen unverdickter Zellen setzt sich über diese kleinzellige Zone fort und umgiebt den Xylemteil.

Hier liegt der bei anderen Keimblättern von mir nicht beobachtete Fall vor, dass das mechanische Element des Keimblattes nicht durch Collenchym sondern durch echtes Sklerenchym vertreten ist, eine Einrichtung, die zweifelsohne dem nachdrücklichen Schutz der ausserordentlich weitlumigen Phloemelemente dient. Übrigens findet sich diese Scheide nicht überall in gleicher Deutlichkeit ausgeprägt; in manchen Fällen ist sie ganz unvollkommen und nur durch collenchymatische Elemente vertreten, eine Verschiedenheit, die mit dem Alter der Keimblätter zusammenzuhängen scheint.

Die weitlumigen Phloemelemente zeigen, was gleichfalls auffallend ist, ziemlich allgemein jene eigentümliche, schon bei Cucurbita, als in vereinzelten Fällen beobachtet, erwähnte Querstreifung der Wände, die kaum anders als von einer schwachen, ringförmigen oder spiraligen Verdickung herrührend erklärt werden kann. Doch konnte auch auf Längsschnitten durch den Phloemteil Gewissheit darüber nicht erlangt werden.

Fagus silvatica L.

Während bei den bisher besprochenen Keimblättern sich in der Epidermis beider Blattseiten Spaltöffnungen fanden, wenngleich auf der Unterseite meist in grösserer Anzahl wie auf der Oberseite, ist bei Fagus silvatica die Epidermis der Keimblattoberseite vollkommen spaltöffnungsleer. Die Unterseite ist reich an Spaltöffnungen.

Der sonstige Bau zeigt wenig von dem Cucurbitakeimblatt abweichendes.

Lupinus.

Untersucht wurden die Arten L. angustifolius L., L. polyphyllus Dougl., L. luteus L., L. perennis L. und L. Moritzianus. Der anatomische Bau ist in den Grundzügen bei allen Arten der gleiche, nur die Einzelheiten sind verschieden.

Eine Teilung des Mesophylls in Pallisaden- und Schwammgewebe ist kaum angedeutet, der der Oberseite des Keimblatts benachbarte Teil ist chlorophyllreich, der andere besteht aus viel weniger Chlorophyllkörner enthaltenden Zellen. Auf der Grenze dieser beiden Teile verläuft ein grosser Teil der Fibrovasalstränge.

Ganz allgemein finden sich bei den untersuchten Arten, mit Ausnahme von Lupinus luteus, im Inneren des Blattes grosse Hohlräume, welche oft das ganze Mesophyll von der Ober- bis zur Unterseite durchsetzen. Es sind Spalten schizogenen Ursprungs, die dadurch entstehen, dass der Hauptteil des Mesophylls nicht vermag, dem Wachstum der Epidermen und der an dieselben angrenzenden Zellschichten zu folgen, sondern zerreisst, sodass breite Streifen von Mesophyll und zwischen ihnen mehr oder minder grosse Spalten zurückbleiben.

Die das Blatt bekleidende Epidermis ist aus kleinen, von meist einfachen Wänden begrenzten Zellen zusammengesetzt, die nicht viel grösser oder nur eben so gross sind als die meist zahlreichen Spaltöffnungen, die sich zwischen ihnen befinden. In Bezug auf die relative Zahl der Spaltöffnungen auf den beiden Blattseiten sowie die Gestaltung der Grenzwände der Epidermiszellen verhalten sich die Arten verschieden, so dass eine allgemein giltige Darstellung für alle sich nicht geben lässt.

Was die erste Frage anbetrifft, so finden sich bei Lupinus Moritzianus, L. perennis und L. polyphyllus in der Epidermis der Blattober- und der Blattunterseite ungefähr gleich viel Spaltöffnungen, während L. angustifolius und L. luteus in der Epidermis der Keimblattoberseite bedeutend viel mehr Spaltöffnungen besitzen als in der der Blattunterseite. Das letztere ist ein um so bemerkenswerteres Vorkommnis, als es den für die Laubblätter geltenden Regeln geradezu entgegengesetzt ist.

Hinsichtlich des zweiten Punktes, der Grenze der Epidermiszellen gegeneinander, ist zunächst zu bemerken, dass die Schliesszellen unter einander

und gegen die anderen Zellen durch gerade, respective halbkreisförmige, einfache Wände abgeschlossen sind. Dagegen zeigen die übrigen Epidermiszellgrenzen einen teilweise komplizierten Bau.

Am einfachsten verhalten sich die von Lupinus angustifolius. Hier sind die Grenzen auf beiden Blattseiten einfache, gerade oder nur schwach bogig gekrümmte Wände.

Complicirter verhalten sich Lupinus Moritzianus und L. luteus. Bei diesen Arten grenzen die Epidermiszellen der Blattoberseite mit geraden oder nur schwach gebogenen Wänden an einander; die Wände in der Epidermis der Blattunterseite sind zwar auch gerade oder nur wenig gekrümmt, aber es finden sich an ihnen eigentümliche leistenartige Vorsprünge, welche entweder von einem Punkte der Wand aus nach beiden Zellen hineinragen, oder nur nach einer und dann bald nach dieser bald nach jener Zelle. Bei Lupinus Moritzianus sind diese Leisten deutlich ausgebildet aber nur in mässiger Anzahl vorhanden, während sie bei Lupinus luteus zwar sehr viel zahlreicher aber dafür auch schwächer entwickelt sind.

Wie man bei verschieden hoher Einstellung des Mikroskops ohne Schwierigkeit sehen kann, sind diese Leisten am stärksten an der Übergangsstelle der Grenzwände in die von der Cuticula bekleideten Aussenwände der Epidermiszellen. Weiter nach innen hinein werden sie schwächer und verlieren sich bald, so dass sie also nicht gleichmässig sich durch die ganze Tiefe der Epidermis erstrecken, sondern nur in dem äusseren Teile derselben vorhanden sind. Es dürften diese Vorsprünge wol als Faltungen der Epidermiszellwände anzusehen sein, die der Aussteifung und dem festeren Zusammenhalt der Zellen dienen. Ähnliche Bildungen sind zuerst von F. Cohn beschrieben und abgebildet worden[1]).

Bei Lupinus polyphyllus und L. perennis endlich finden sich diese leistenartigen Vorsprünge in den Epidermiszellen beider Blattseiten. In der Epidermis der Blattunterseite sitzen bei Lupinus polyphyllus diese Leisten auf den nur mässig gebogenen oder geraden Seitenwänden, während in der Epidermis der Blattoberseite die Grenzwände eine deutlich ausgebildete wellenförmige Hin- und Herbiegung zeigen, und die Leisten dann auf den Gipfeln dieser wellenförmigen Ausbiegungen sitzen. Gleich den Leisten werden auch die Wellenbiegungen der Wände nach der Tiefe der Epidermis zu geringer und verschwinden schliesslich, so dass im inneren Teil der Zellen die Grenzwände einfach schwach gebogen sind. Bei Lupinus perennis finden sich sowol in der Epidermis der Keimblattober- wie der Unterseite Leisten und Wellenbiegungen. Die Leisten sind sehr scharf ausgeprägt, aber auch hier gehen sie nicht durch die ganze Tiefe der Epidermiszellen hindurch.

Bei einigen Arten von Lupinus, unter den untersuchten besonders auffallend bei L. angustifolius, weisen die Mesophyllzellen des noch im Samen

[1]) F. Cohn: Zur Lehre vom Wachsthum der Pflanzenzelle. Nova acta acad. caes. leop. carol. nat. cur. Vol. XXII P. II. p. 511 sq.

ruhenden Keimblatts ausserordentlich starke, polsterartige Verdickungen in den Kanten auf, die aber durchaus von denen der Collenchymzellen verschieden sind. Diese starken Verdickungen verlieren sich im Verlaufe der Entwickelung, und im entwickelten Keimblatte ist kaum mehr etwas davon zu sehen.

Das Laubblatt aller Lupinusarten ist vollkommen anders gebaut wie das Keimblatt und schliesst sich in der Hinsicht dem Laubblatttypus der meisten Dikotylen an. Die Keimblätter der Lupinusarten stehen ihrem anatomischen Bau nach ungefähr in der Mitte zwischen den vorhin beschriebenen, die nicht nur über die Erde treten und ergrünen, sondern sich auch stark vergrössern und weitgehende Differenzierungen erfahren, und zwischen denen von Phaseolus und Verwandten, deren Keimblätter unterirdisch und chlorophyllfrei bleiben, und sich nur schwach vergrössern.

Pflanzen, deren Samen Endosperm enthalten.

Ricinus communis L.

Untersucht wurden die Keimblätter verschiedener Spielarten von Ricinus communis nämlich von Ricinus major, R. sanguineus und R. borboniensis arboreus. Die Keimblätter dieser drei Varietäten sind in ihren morphologischen und den meisten anatomischen Beziehungen so nahe mit einander verwandt, dass sie gemeinsam beschrieben werden können.

In dem selten mehr als 15 mm. langen Samen liegen die Keimblätter als zwei häutige Gebilde von nur wenig geringerer Grösse als das Endosperm in der Mitte des letzteren und teilen es in zwei gesonderte, nur an den Rändern zusammenhängende Hälften. Die Keimblätter sind von breit elliptischer Gestalt, am Grunde herzförmig ausgerandet und in diesem Alter stiellos, so dass die beiden basalen herzförmigen Lappen ziemlich weit über die Ansatzstelle der Keimblätter an dem Axenteil hinausragen. Mit der Aussenseite liegen sie dem Endosperm fest an, mit der Innenseite berühren sie sich nur lose und lassen oft eine schmale Spalte zwischen sich. Mit blossem Auge und mehr noch mit Zuhilfenahme der Lupe erkennt man auf den Flächen der Keimblätter eine wohl ausgebildete Nervatur.

Während der Keimung wachsen die in der Samenschale eingeschlossenen Organe sehr beträchtlich, so dass nicht nur der Embryo sondern auch das Endosperm vielmal grösser werden, als die sie anfangs einschliessende Samenschale. Diese Vergrösserung fällt weniger bei den Keimblättern, als beim Endosperm auf, das nur bei wenigen Pflanzen diese Erscheinung zeigt. Das im reifen Samen ungefähr 15 mm lange, 7—8 mm breite Endosperm entwickelt sich während der Keimung zu einem 30—40 mm langen, 20—25 mm breiten Gebilde. Anfangs wachsen die Keimblätter zusammen mit dem Endosperm,

dabei einen grossen Teil seines Inhaltes aufsaugend, allmählich aber vermag das Endosperm dem stärkeren Wachstume der Keimblätter nicht zu folgen, die letzteren fälteln sich unregelmässig und streifen schliesslich, wenn der Nahrungswert des Endosperms der Hauptsache nach ausgenutzt ist, dasselbe, das in Folge der Fältelung nur noch locker an ihnen hängt, ab, es meist unter der Erde lassend, während sie selbst sich über der Erde ausbreiten und am Lichte ergrünen.

Im weiteren Verlauf des Wachstums werden sie zu breit elliptischen, ganzrandigen, laubblattähnlichen Gebilden von ca. 8 cm Länge und ca. 6 cm Breite. In diesem Zustande haben sie einen wohl abgesetzten, 3—5 cm langen Stiel. Ausserordentlich schön entwickelt ist die Nervatur. Gleich vom Grunde des Blattes, von der Ansatzstelle des Stieles, strahlen mehrere starke Nerven fächerförmig in die Blattlamina aus. Ihre ausserordentlich zahlreichen mit einander anastomosierenden Verzweigungen verschiedenen Grades bilden ein sehr reich entwickeltes Bündelnetz.

Das unentwickelte Keimblatt, wie es im reifen Samen liegt, stellt eine dünne, aus 7—9 Zelllagen gebildete Platte dar, welche von Procambiumsträngen durchzogen ist.

Die Zellen, welche die Epidermis zusammensetzen, sind auf dem transversalen Querschnitt von subquadratischer Form mit schwach gewölbten Aussenwänden und schliessen lückenlos an einander. Die Epidermiszellen der Blattoberseite sind grösser als die der Blattunterseite. Eine Flächenansicht der Epidermis zeigt, dass dieselbe aus ziemlich grossen, unregelmässig geformten, meist etwas länglichen, von 4—7 schwachbogigen Wänden begrenzten Zellen gebildet ist. Mehrfach sind diese Zellen, besonders auf der Blattoberseite, durch ganz feine Wände in zwei oder mehrere kleinere Zellen geteilt. Die Anlagen von Spaltöffnungen finden sich vereinzelt auf der Oberseite. An den Stellen, wo die Gefässbündel verlaufen, sind die Epidermiszellen der Richtung der Bündel entprechend in die Länge gestreckt. Die Aussenwände der Epidermiszellen sind überall ausserordentlich dünn, ein Umstand, der für die Funktion des Keimblattes, die Nährstoffe des Endosperms aufzusaugen, von wesentlicher Bedeutung ist.

Die das Mesophyll bildenden Zellen liegen gleichfalls dicht an einander und lassen nur kleine Intercellularräume zwischen sich. Auf dem transversalen Querschnitte sind sie von rundlicher oder rundlich eckiger Form. Die der Blattunterseite zunächst liegenden Zellen sind die kleinsten, nach der Oberseite zu werden sie grösser. Im allgemeinen liegen sie, ohne regelmässige Schichten zu bilden, bei einander, nur die Zellen, welche direkt an die Epidermis der Blattoberseite grenzen, zeigen regelmässige Lagerung. Auch in ihrer Form weichen sie von den übrigen ab. Ihre Seitenwände stehen mit grosser Regelmässigkeit annähernd senkrecht zur Blattepidermis; im Querschnitt zeigen diese Zellen eine nahezu quadratische oder schwach rechteckige Form, indem sie in letzterem Falle senkrecht zur Blattoberfläche

etwas in die Länge gezogen sind. Sie sind grösser als die meisten anderen Mesophyllzellen, und durch ihre regelmässige Lagerung und vor allem durch den fast durchgängig vorhandenen Parallelismus ihrer senkrecht zur Oberfläche stehenden Kanten treten sie auf den ersten Blick als eine von den übrigen Mesophyllzellen verschiedene Schicht hervor. Auch sind die übrigen Mesophyllzellen im medianen Querschnitt schwach in die Länge gestreckt, während die der eben besprochenen Schicht nichts derartiges zeigen. Diese Zellen bilden die Mutterschicht des Pallisadengewebes.

Wo die grösseren Gefässbündel verlaufen, ist die Blattoberseite stark hervorgewölbt, was besonders deutlich beim Mittelnerven hervortritt. In der Nähe der grösseren Gefässbündel sind die Zellen des Mesophylls und der Epidermis kleiner als an den anderen Teilen des Blattes und wesentlich stärker in die Länge gestreckt. Auch die dem Pallisadengewebe entsprechende Schicht ist an diesen Stellen unterbrochen und durch kleine, unregelmässig gestaltete Zellen ersetzt.

Die Gefässbündel selber sind von einer grossen Zahl sehr enger, lang gezogener, dünnwandiger Cambiformzellen zusammengesetzt, die noch keine der späteren Differenzierungen erkennen lassen. Von den Hauptgefässbündeln gehen Seitenäste ab, die, wo sie vom transversalen Querschnitte getroffen werden, als kleine Gruppen in die Länge gestreckter dünnwandiger Zellen erscheinen.

Die Veränderungen, welche bei der Keimung vor sich gehen, beziehen sich zunächst auf die Gefässbündel, die Epidermis und die Mutterschicht des Pallisadengewebes.

In dem nach der Oberseite des Blattes zugewendeten Teile der Procambiumstränge erhalten einzelne Cambiformzellen starke Verdickungsfasern, die sich mit Saffranin färben; es sind die ersten fertigen Gefässe. Diese Verdickungsfasern sind spiraliger und ringartiger Natur. Der nach der Unterseite gelegene Teil der Gefässbündel lässt gleichzeitig eine Sonderung in weitere und engere Elemente erkennen, und die ganz weit nach der Unterseite zugekehrten Zellen desselben zeigen eine schwache Verdickung der Ecken.

Im weiteren Fortschritte der Entwickelung, aber noch ehe das Keimblatt sich zu falten beginnt, gesellen sich zu diesen ersten Gefässen neue in grosser Anzahl. Dieselben sind bald weiter, bald enger als die zuerst fertigen Gefässe. Im Siebteile ist die Sonderung in weite und englumige, die anderen umgebende Elemente weiter fortgeschritten, schon lässt sich erkennen, dass die ersteren zu den Siebröhren, die letzteren zu den Geleitzellen des fertigen Gefässbündels sich entwickeln werden. Die Verdickung der Ecken bei den Zellen, welche die äusserste, nach aussen, also der Blattunterseite zu, convexe Zone des Siebteils zusammensetzen, ist stärker geworden, so dass hier ein dünner Halbmond von Collenchym das Gefässbündel nach aussen begrenzt. Die in dem Xylemteil befindlichen Gefässe lassen

eine Anordnung in Reihen erkennen, die ungefähr senkrecht zur Fläche des Blattes stehen, aber mässig nach der Oberseite zu convergieren.

Auch die auf der Ober- und Unterseite an das Gefässbündel grenzenden englumigen, im ruhenden Samen undifferenzierten Zellen haben eine Umwandlung erfahren. Die dem Gefässbündel zunächst liegenden haben sich wenig geteilt und sind jetzt bei weitem nicht mehr so englumig, wie die weiter nach aussen direkt unter der Epidermis liegenden Zellgruppen. Diese letzteren Zellgruppen zeigen ein kleineres Lumen und eine Verdickung der Ecken. Besonders mächtig ist diese Zellgruppe auf der Oberseite des Gefässbündels entwickelt. Die Verdickung der Ecken, die sich an den betreffenden Stellen auch auf die Epidermiszellen erstreckt, zeigt, dass diese beiden Partieen sich zu Collenchym entwickeln.

Die Epidermiszellen zeigen im Querschnitt ein ganz anderes Bild als im ungekeimten Zustande. Die subquadratischen oder länglichen, grossen Zellen, die früher vorhanden waren, sind durch mehrere senkrecht zur Blattfläche gestellte Wände geteilt, und nur noch die Dicke der älteren Wandungen lässt ihre frühere Form erkennen. Die neuen Zellen sind beinahe cylindrisch mit gegen die Oberfläche senkrecht gestellter Längenausdehnung. Diese Umwandlung, die gleich bei Beginn der Keimung stattfindet, spricht sich am auffallendsten in der Flächenansicht der Epidermis aus. Die Zellen zeigen die charakteristischen Merkmale eines unfertigen, mitten in der Bildung begriffenen Gewebes. Da die Zellteilungen, durch welche die ausgewachsene Epidermis entsteht, noch nicht aufgehört haben, ist die Grösse und Gestalt der Zellen verschieden, und da die Seitenwandungen grossenteils eben erst entstanden sind, sind sie noch gerade oder nur schwach gewölbt.

Besonders die Epidermis der Oberseite zeigt die Erscheinungen sehr charakteristisch. Hier lassen sich durch die Dicke der Wände und ihre verschiedenartige Deutlichkeit auf den ersten Blick die schon etwas älteren, nur noch in ihren Umrissen erhaltenen Zellen und die durch ihre Teilung und die Einschaltung neuer, sehr viel dünnerer Wände entstandenen jüngeren Zellen erkennen. Die älteren Wände sind verhältnismässig dick, die von ihnen umgrenzten, meist länglichen oder subquadratischen Räume entsprechen den im reifen Samen, vor der Keimung, beobachteten Epidermiszellen. Die jüngeren Wände sind äusserst zart, oft kaum sichtbar, gewöhnlich schwach bogig gewölbt, und die durch ihre Einschaltung entstandenen Zellen sind in Folge dessen teils von dickeren, teils von dünneren Zellwänden begrenzt. Oft kann man die Entstehungsfolge dieser Zellen durch mehrere Generationen hindurch verfolgen. In mässiger Anzahl finden sich auf der Oberseite nahezu fertige Spaltöffnungen zwischen den anderen Epidermiszellen. Die Mutterzellen der übrigen Spaltöffnungsapparate sind meist schon zu erkennen.

Geringe Abweichungen im Aussehen zeigt die Epidermis der Unterseite. Die unfertige Natur des Gewebes zeigt sich auch hier, ein Unter-

schied in der Dicke der jüngeren und älteren Zellwände ist zwar vorhanden, doch tritt derselbe nicht annähernd in gleicher Deutlichkeit hervor, wie bei der Epidermis der Oberseite. Fertige Spaltöffnungen finden sich in diesem Stadium auf der Unterseite noch nicht, dagegen sind die Mutterzellen derselben schon in beträchtlicher Anzahl erkennbar. Die über den Fibrovasalsträngen gelegenen Epidermiszellen sind auf beiden Blattseiten in entsprechender Weise in die Länge gezogen.

In ähnlicher Weise von der Entwickelung betroffen ist die unter der Epidermis der Blattoberseite gelegene Mutterschicht des Pallisadengewebes. Die rechteckigen, regelmässig neben einander gelagerten, im Querschnitt sofort auffallenden Zellen sind nicht mehr so klar zu erkennen. Zahlreiche Zellwände, die alle senkrecht zur Epidermis gestellt sind, haben sie in eine Reihe ganz schmaler, lang prismatischer Zellen zerlegt, die zwar parallel neben einander liegen, aber infolge ihrer grossen Zahl und der Dünne ihrer Wände kein ganz klares Bild geben. Ein Flächenschnitt durch die Schicht in diesem Stadium hat ein ganz ähnliches Aussehen, wie es vorhin an den Zellen der Epidermis der Oberseite geschildert wurde, nur dass es bei der Pallisadenschicht noch auffälliger ist. Die ursprünglichen grossen Zellen sind noch deutlich in den Umrissen zu erkennen, aber sie sind durch sehr zahlreiche, ganz feine Wände in kleine enge Abteilungen geteilt, und die alten Wände haben überall da, wo die neuen sich angesetzt haben, eine Knickung erlitten.

Der Rest des Mesophylls lässt eine charakteristische Änderung zunächst nicht erkennen; die Zahl der Zellreihen, die das Blatt zusammensetzen, hat sich vermehrt und ebenso die Zahl der sie zusammensetzenden Zellen, deren Lagerung etwas gelockert ist.

In dem fertigen Zustande, wie er in dem ausgewachsenen grünen Keimblatte vorliegt, haben die Zellen der Epidermis sich stark vergrössert. An die Stelle der ebenen oder nur schwach gekrümmten Wandungen sind leicht wellig gebogene Scheidewände getreten. Die Epidermiszellen sind frei von Chlorophyll. Zahlreiche Spaltöffnungen sind in unregelmässiger Anordnung zwischen ihnen vorhanden und heben sich durch ihren reichlichen Chlorophyllgehalt scharf von den anderen ab. Der Bau ist der den Spaltöffnungen gewöhnliche. Die beiden Schliesszellen liegen etwas, aber nur wenig, höher als die anderen Epidermiszellen und überdecken mit ihren Rändern die Enden der direkt an sie angrenzenden Zellen. Die den Spalt begrenzenden Wandteile der Schliesszellen sind verdickt. Die Epidermiszellen der Blattunterseite sind längs gestreckt und schmäler, die der Blattoberseite dagegen mehr isodiametrisch und breiter.

Einzelne der Epidermiszellen, sowol in der Blattober- wie in der Blattunterseite haben eine eigentümliche Umgestaltung erfahren. Schon in dem vorhin beschriebenen Stadium fallen auf dem transversalen Querschnitte einzelne Epidermiszellen teils durch ihre Grösse, teils dadurch auf, dass sie nicht in einem Niveau mit den übrigen Epidermiszellen liegen, sondern tiefer

in das Blatt hineinragen. Im Anfange der Keimung zeichnen sich die Keimblätter durch eine rote Färbung aus, die von einem rotgefärbten Zellinhalte herrührt. Dieser Zellinhalt findet sich ganz besonders in den eben besprochenen grösseren Zellen, viel weniger bei den übrigen Elementen der Epidermis.

Im Laufe der Entwickelung sind diese grossen Zellen noch weiter unter das Niveau der übrigen Epidermiszellen heruntergerückt, sodass ihr Rand von den Enden derselben überdeckt wird, sie haben sich zu grossen, bald länglichen, bald mehr isodiametrischen Zellen von abgerundetem Umriss ausgebildet, die besonders im Querschnitt durch ihre Grösse und die Tiefe, bis zu welcher sie unter die übrigen Epidermiszellen herabreichen, sich auszeichnen. Auf der Unterseite der Keimblätter sind diese Zellen zahlreicher und grösser als die, welche in der Epidermis der Oberseite liegen.

Während die übrigen Epidermiszellen farblos sind, auch die Spaltöffnungen nur Chlorophyll enthalten, sind diese grossen Zellen im ausgewachsenen Keimblatte reichlich mit körnigem, rot gefärbten Inhalte erfüllt; sie sind es daher auch vor allem, denen die Keimblätter ihren schwach roten Schimmer zu verdanken haben. Der Farbstoff löst sich in Alkohol und Glycerin schnell, in Wasser langsamer.

Es wäre nicht unmöglich, dass diese durch Gestalt und Inhalt so ausgezeichneten Zellen in irgend einem Zusammenhange mit der Funktion des Keimblattes, die im Endosperm vorhandenen Bau- und Bildungsstoffe aufzunehmen, stehen, dass sie also Absorptionszellen oder aber Säure oder Ferment ausscheidende Zellen sind. Doch lassen sich zahlreiche Bedenken gegen diese Ansicht geltend machen. Einerseits finden sich diese Drüsen nicht blos auf der Unterseite, die doch als die hauptsächlich absorbierende Fläche des Blattes anzusehen ist, sondern ebenso auf der Oberseite der Keimblätter, und andererseits finden sich genau dieselben Zellen mit dem gleichen Inhalt auch in den Laubblättern, selbst in denen, die erst nach dem Austritt der Keimblätter aus dem Endosperm angelegt werden, die also irgend eine aufsaugende Thätigkeit sicher nie zu verrichten Gelegenheit hatten. Jedenfalls liegt die Möglichkeit vor, dass wir es hier mit irgend einer anatomischen Eigentümlichkeit der Gattung Ricinus zu thun haben, die ohne Zusammenhang mit den physiologischen Erscheinungen steht. Erst eingehendere Untersuchungen können diese Frage entscheiden.

Das Mesophyll im entwickelten Zustande ist sehr scharf in die zwei Teile, das Pallisaden- und das Schwammparenchym, geschieden. Die unter der Epidermis der Blattoberseite liegende Pallisadenschicht setzt sich aus dicht nebeneinander stehenden, cylindrischen Zellen von engem Querschnitt und grosser Länge zusammen. Die Zellen sind sechs bis zehnmal so lang als der Durchmesser ihres kreisförmigen Querschnitts.

Der andere, dem Volumen nach ungefähr $^2/_3$—$^3/_4$ der ganzen Masse des Mesophylls ausmachende Teil hat sich zu einem typischen Schwammgewebe entwickelt. Die Zellen desselben sind in mehrere Arme, mit denen allein sie

sich berühren, ausgezogen, und lassen ausserordentlich grosse Intercellularräume zwischen sich. Die Pallisadenzellen sind sehr reich, die Schwammzellen nur mässig reich an Chlorophyllkörnern.

An den Stellen, wo die grösseren Gefässbündel verlaufen, sind sowol die Pallisaden- wie die Schwammschicht unterbrochen. An Stelle der Schwammschicht erscheint dort ein chlorophyllarmes, aus engen Zellen zusammengesetztes, mehrschichtiges Gewebe, während an Stelle der Pallisadenschicht und in dieselbe übergehend, weitere, isodiametrische oder schwach längliche Zellen sich vorfinden, welche, meist in doppelter Schicht gelagert, ungefähr denselben Raum einnehmen wie die Pallisadenschicht und die auch reich an Chlorophyll sind.

Das Stoffleitungssystem ist in dem entwickelten Blatte ausserordentlich reich ausgebildet und vielfach verzweigt. Bei dem am stärksten ausgebildeten, im Mittelnerven verlaufenden Gefässbündel zeigt der nach der Blattoberseite gerichtete Hadromteil in seiner inneren Partie eine grosse Anzahl starkverdickter Gefässe, die in Reihen stehen, welche nach der Blattoberseite zu convergieren. Die Zahl dieser Reihen ist je nach den Varietäten verschieden; am mächtigsten entwickelt ist das Bündel bei Ricinus borboniensis arboreus, am schwächsten und in einigen Details abweichend bei Ricinus sanguineus, während Ricinus major, ungefähr in der Mitte steht. Bei letzterer Art stehen die stark verdickten Gefässe ziemlich dicht neben einander in neun Reihen, jede Reihe ist aus 4—6 Gefässen gebildet, von denen die 2—3 mittelsten stets die grössten sind, während sowol nach der Blattoberseite, wie nach dem Phloemteil zu kleinere Gefässe liegen. Die nach der Blattoberseite hin liegenden Gefässe sind spiralig verdickt, oft mit 2 Spiralfasern. Nach dem Phloem zu, liegen Ring-, und Treppen- oder Leitergefässe. Verbunden sind diese stark verdickten, sich mit Saffranin färbenden Gefässe grossenteils durch schwach verdickte, wenig Farbstoff aufnehmende Holzparenchymzellen seltener durch Gefässe. Nach der Blattoberseite zu setzt sich das Hadrom allein aus Holzparenchym zusammen, und, nach aussen grösser und grösser werdend, gehen die Zellen desselben allmählich in die das Pallisadengewebe vertretenden Zellschichten über.

Zwischen diese letzteren Schichten und die Epidermis eingeschaltet liegt eine im Querschnitt halbmondförmige Gruppe von Collenchymzellen.

Der Xylemteil ist nach der Blattunterseite zu stark gewölbt, so dass seine Grenze gegen den Phloemteil einen nach dem letzteren convexen Kreisbogen bildet.

Der Leptomteil lagert sich an die convexe Seite des Hadromteils derart an, dass er einen breiten Gürtel um denselben bildet. Die ihn zusammensetzenden Gewebeelemente sind alle nur schwach verdickt. Neben einer Anzahl langgestreckter Zellen von weitem Querschnitt, den Siebröhren, und zwischen ihnen liegt eine grosse Anzahl enger Zellen, welche letztere den Geleitzellen der typischen Leptomteile gleichzusetzen sind. Ihrer Form nach sind es Cambiformzellen. Ganz vereinzelt finden sich in den Zellen des Leptoms Drusen von oxalsauren Kalkkrystallen.

Nach aussen, also der Blattunterseite zu, ist das Phloem durch in einigen Reihen stehende, enge, schwach collenchymatische Zellen gegen das grosszelligere Mesophyll abgegrenzt. Diese Collenchymscheide ist nicht immer gleich deutlich ausgeprägt. Jenseits der erwähnten Mesophyllzellen, direkt unter der Epidermis, liegt auch an der Blattunterseite eine Collenchymgruppe, doch ist die collenchymatische Natur dieser Zellen bei weitem nicht so scharf ausgeprägt wie an den entsprechenden Partieen der Blattoberseite.

Von so compliciertem Bau sind nur diejenigen Fibrovasalstränge, welche, vom Grunde des Blattes beginnend, dasselbe der Länge nach durchlaufen, und die als die Hauptrippen auch äusserlich gekennzeichnet sind. Auch diese Bündel sind gegen ihr Ende hin von einfacherem Bau, besonders die Zahl der Bündelelemente wird kleiner und die begleitenden Collenchymstränge verlieren sich. Noch weit einfacher gebaut sind die Verzweigungen der Hauptbündel und die Anastomosen derselben. Diese kleineren Fibrovasalstränge verlaufen in der Schwammschicht, knapp an der Grenze derselben gegen die Pallisadenschicht. Die grösseren unter ihnen zeigen noch einen einigermassen ähnlichen Bau wie die Hauptstränge, eine Zusammensetzung aus mehreren Spiraltracheiden und einem mehr oder minder starken Phloemteil, während die feinsten Teile des Leitsystems nur aus einer Spiraltracheide und ganz wenigen dieselbe begleitenden Cambiformzellen gebildet sind.

Wie sich aus dem eben Geschilderten ergiebt, zeigt das Keimblatt von Ricinus alle Eigenschaften und Differenzierungen eines wohl entwickelten Laubblattes. Est ist daher auch natürlich, dass sich die anatomischen Verhältnisse desselben in keiner Weise durchgreifend von denen der Laubblätter derselben Pflanze unterscheiden. Die Epidermiszellen des Laubblatts sind ähnlich gestaltet nur kleiner als die des Keimblatts; während beim Keimblatt die Zahl der Spaltöffnungen auf der Unter- und auf der Oberseite annähernd die gleiche ist, finden sich beim Laubblatt auf der Unterseite sehr viel mehr Spaltöffnungen als auf der Oberseite. Auf der Unterseite hat das Laubblatt Haare in mässiger Zahl, die dem Keimblatte vollkommen fehlen. Der Bau der Gefässbündel ist in Bezug auf die kleineren Fibrovasalstränge der gleiche, die grösseren Hauptstränge sind beim Laubblatt noch mächtiger entwickelt als beim Keimblatt, aber auch hier ist der Bau ganz analog. Die Pallisadenzellen des Mesophylls sind beim Laubblatte weniger in die Länge gestreckt wie beim Keimblatte. Die ganze Dicke des Laubblatts ist geringer als die des Keimblatts, aber diese Verminderung wird durch die mächtiger entwickelten Blattrippen ausgeglichen, so dass auch das dünnere Blatt erfolgreich gegen mechanische Eingriffe geschützt ist.

Tilia europaea L. und **Capsicum annuum L.**

schliessen sich in dem Bau ihrer Keimblätter an Ricinus an und sind nur in geringen Einzelheiten verschieden, so dass eine eingehendere Beschreibung hier unterlassen werden kann.

Foeniculum officinale All.

Die Keimblätter sind im entwickelten Zustande schmal linealisch, lang und dünn. Ein transversaler Querschnitt zeigt, dass das Blatt von drei Fibrovasalsträngen durchzogen wird, deren einer in der Mitte, die beiden anderen an den Rändern verlaufen. Da an den Stellen, wo die Fibrovasalstränge verlaufen, das Blatt dicker ist, als an den dazwischen liegenden Partieen, wird dasselbe nicht gleichmässig von der Mitte nach den Rändern dünner, sondern die beiden Ränder und die Mittelrippe sind gleich dick, und zwischen ihnen liegen zwei ein wenig dünnere Partieen.

Seiner geringen Dicke entsprechend besteht das Blatt ausser aus der Epidermis der Unter- und Oberseite nur aus 5—6 Zellschichten, zwischen welchen an den verdickten Rippen noch die mässig starken Gefässbündel liegen. Die an die Epidermis der Oberseite angrenzenden Zellen stehen in einer dichten Schicht. Sie sind senkrecht zur Epidermis schwach in die Länge gestreckt, ohne deshalb eine regelmässige cylindrische Gestalt zu haben. Vor allem durch ihren starken Chlorophyllgehalt charakterisieren sie sich als die Vertreter der Pallisadenschicht. Die übrigen Mesophyllzellen haben in der Umgebung der Gefässbündel eine nahezu rundliche Gestalt, der Hauptmasse nach aber sind sie von länglicher Form. Unregelmässig gelagert, schliessen sie auch nur locker zusammen, zahlreiche Luftlücken zwischen sich lassend. Die Gefässbündel zeigen im Xylem verdickte, weitlumige Gefässe, der Phloemteil besteht aus engen, zartwandigen Elementen.

Die Epidermis der Oberseite setzt sich aus dünnwandigen, grossen Zellen zusammen, Spaltöffnungen sind nur in geringer Anzahl vorhanden. Während im allgemeinen die Epidermiszellen isodiametrisch sind und nicht regelmässig angeordnet liegen, sind die über den Fibrovasalsträngen liegenden Epidermiszellen der Länge des Blattes entsprechend gestreckt. Ihre Längswände sind gerade, ihre Querwände nur schwach gekrümmt. Die auch hier seltenen Spaltöffnungen sind so angeordnet, dass die Spalte in die Längsrichtung des Blattes fällt.

Die Verhältnisse der Epidermis auf der Blattunterseite sind ähnliche. Die Epidermiszellen, welche auf den beiden breiten, dünneren Partieen des Blattes liegen, sind etwas kleiner als die von der Blattoberseite. Ihre Wände sind vielfach und stark gekrümmt, und Spaltöffnungen in reicher Zahl liegen zwischen ihnen, meist so, dass ihre Längsrichtung der des Blattes entspricht. Die über den drei Rippen des Blattes liegenden Epidermiszellen der Unterseite sind sehr stark in die Länge gestreckt und liegen in regelmässigen Längsreihen. Die langen ebenso wie die kurzen Seitenwände sind gerade, und letztere stehen rechtwinklig oder schräg gegen die vorigen. Die Zahl der Spaltöffnungen ist minder gross als sonst auf der Unterseite, und ihre Spalten stehen genau in der Längsrichtung des Blattes.

Abies alba Mill. (pectinata D. C.)

Die Keimblätter von Abies alba sind lang linealisch, fast nadelförmig, sie erreichen im ausgewachsenen Zustande eine Länge von 30—40 mm, eine Breite von 2½—3 mm und eine Dicke von ½—1 mm. Auf der Unterseite sind sie ganz schwach, stärker auf der Oberseite gewölbt, so dass der Querschnitt ungefähr die Form eines gleichschenkligen, stumpfen Dreiecks hat, dessen Grundlinie sehr schwach gewölbt ist.

Das ganze Keimblatt ist mit einer dichten, einschichtigen Epidermis versehen, die auf ihrer Aussenfläche von einer mässig starken Cuticularschicht überkleidet ist. Die Zellen, welche die Epidermis der Unterseite zusammensetzen, schliessen vollkommen dicht und ohne Lücken an einander. Der Länge des ganzen Blattes entsprechend sind sie längsgestreckt, zum Teil sogar in hohem Grade. Im Durchschnitt beträgt ihre Breite 0,016—0,017 mm und ihre Länge 0,08—0,1 mm, so dass die Länge meist 5—6 mal so gross ist als die Breite. Doch findet man in jedem Präparate solche Zellen, die 10 und mehr mal so lang wie breit sind. Spaltöffnungen fehlen der Epidermis der Unterseite gänzlich.

Vollkommen im Gegensatz dazu ist die Epidermis der Oberseite reichlich mit Spaltöffnungen versehen, die in der Mitte jeder der beiden durch den Mittelnerv des Blattes angezeigten Blatthälften in einem breiten Streifen stehen.

Gleich denen der Unterseite sind die Epidermiszellen, welche die Ränder und die dem Mittelnerven des Keimblattes zunächst gelegene Partie bekleiden, lückenlos verbunden, in deutlichen Längsreihen angeordnet und stark in die Länge gestreckt, ca. 4—8 mal so lang als breit. Die Zellen, welche die beiden breiten Streifen der Epidermis, auf deren Raum die Spaltöffnungen beschränkt sind, zusammensetzen, sind kürzer, durchschnittlich nur 2—4 mal so lang als breit, und die Reihen, in denen sie stehen, sind durch die eingestreuten, abweichend geformten Schliesszellen etwas verwischt. Auch die Spaltöffnungsapparate sind in lockeren Reihen angeordnet.

Die in beträchtlicher Anzahl vorhandenen Spaltöffnungen liegen in einem tieferen Niveau wie die übrigen Epidermiszellen der Oberseite und sind ihnen gegenüber derart orientiert, dass die den Schliesszellen angrenzenden, meist schon durch ihre Form ausgezeichneten Epidermiszellen die ersteren zum grossen Teil bedecken, so dass nur eine kleine unregelmässig viereckige Lücke übrig bleibt, in deren Mitte die eigentliche Spalte liegt. Grenzen, wie es zuweilen vorkommt, zwei Spaltöffnungsapparate direkt aneinander, sodass beide in einer Längsreihe liegen, so lassen die umgebenden Epidermiszellen nicht über jeder Spalte eine Öffnung frei, sondern an Stelle der beiden kleinen Öffnungen findet sich eine einzige langgestreckte.

Der Schliessapparat selber wird von zwei Zellen gebildet, die zusammen von der Fläche gesehen eine abgerundet rechteckige bis elliptische Form haben. Häufig ist der Apparat auf beiden Seiten der Spalte nicht vollkommen gleich

ausgebildet, sondern die Zellen sind etwas gegen einander verschoben oder sonst unsymmetrisch entwickelt. Die Breite des Schliessapparates beträgt im Mittel 0,036, die Länge 0,05 mm.

Die Gestalt der Schliesszellen sowie des sie auszeichnenden eigenartigen Verdickungsapparates ist schwer anschaulich zu beschreiben.

Eine Flächenansicht zeigt vor allem die Form des Verdickungsapparates. Die verdickten und zum Teil cutinisierten Partieen färben sich im Gegensatze zu den unverdickten, nicht cutinisierten stark mit Saffranin. Zu beiden Seiten der Spalte liegen zwei Verdickungsplatten von zwar wechselnder, aber charakteristischer Form und Grösse. Etwas länger als die Spalte beginnen sie an der Wand, in welcher die Schliesszellen ausser in der Spalte zusammenstossen, dort sich mit ihren beiderseitigen Enden berührend. Von dieser Ursprungsstelle an, nimmt anfänglich die Länge der Verdickungsplatten ab, um sich bald wieder beträchtlich zu erweitern; ihr Aussenrand läuft ungefähr parallel dem äusseren Rande der Schliesszellen.

Ausser diesen Verdickungsplatten lässt die Flächenansicht an jedem Ende jeder Schliesszelle noch eine verdickte Partie erkennen. Die senkrecht stehenden kurzen Schliesszellwände nämlich zeigen eine deutliche Verdickung, die, vom Ende der gemeinsamen Grenzwand der Schliesszellen ausgehend, bis zum Übergang der kurzen in die langen Seitenwände sich erstreckt und kurz vor ihrem Ende eine kräftige Anschwellung zeigt.

Diese Beobachtungen aus der Flächenansicht werden ergänzt durch mediane und transversale Querschnitte durch das Blatt. Besonders ein transversaler Querschnitt, in dem mehrere Schliessapparate in verschiedener Höhe durchschnitten sind, ist dazu geeignet. Zunächst tritt sehr deutlich die Einsenkung der Schliesszellen unter die übrigen Epidermiszellen hervor. Dann zeigt sich eine Verschiedenheit in der Form der einzelnen Schliessapparatsquerschnitte, die mit der verschiedenen Höhe zusammenhängt, in welcher die Schliessapparate vom Schnitte getroffen sind.

Während an den Enden des Spaltöffnungsapparates die beiden Schliesszellen sich ihrer ganzen Tiefe nach mit der Grenzwand berühren, und der Querschnitt ungefähr die Form zweier gleichschenkliger, mit einer Kathete an einander gelegter, rechtwinkligen Dreiecke zeigt, weichen die Zellen in ihrer Mitte sowol auf der Unter- wie auf der Oberseite stark aus einander, so dass sie nur noch in einem schmalen Streifen an einander stossen. Unter- wie Oberseite sind in diesem Falle stark gewölbt, und der Querschnitt des ganzen Apparates hat ungefähr die Form von zwei sich an den schmalen Seiten berührenden Ellipsen.

Auch der Verdickungsapparat ist von wechselnder Form. An ihren Enden sind die vorher beschriebenen Verdickungsplatten am wenigsten stark. Die durch Cutinisierung herbeigeführte Eigentümlichkeit, sich in Saffranin stark zu färben, setzt sich auch auf die Grenzwand beider Schliesszellen fort, und auch die untere oder Innenwand zeigt eine Verdickung und starke

Färbungsfähigkeit. In einem der Mitte entnommenen Querschnitt sind die Verdickungsplatten der Oberseite dicker, auch die der Unterseite sind stärker und zeigen einen sichelförmigen Querschnitt. An dieser Stelle findet eine Verbindung der oberen und unteren Verdickungsplatte durch sich stark färbende Teile nicht statt.

Auch auf dem medianen Querschnitt tritt die Verschmälerung der Schliesszellen in der Mitte deutlich hervor. Der ganze Schliessapparat bildet also einen flachen Körper von ellipsoidischer Form, dessen untere und obere breite Fläche mit einer muldenförmigen Einsenkung versehen ist, deren Längsachse mit der des ganzen Apparates zusammenfällt, und auf deren Grunde die eigentliche Spalte liegt.

Unterhalb jedes Schliessapparates weichen die Mesophyllzellen etwas auseinander und lassen eine kleine Atemhöhle zwischen sich.

Es liegt die Frage nahe, ob die Beschränkung der Spaltöffnungen auf die Oberseite des Keimblatts, die besonders deshalb bemerkenswert ist, weil das Laubblatt (die Nadel) sich gerade entgegengesetzt verhält, mit irgend welchen funktionellen Verhältnissen in Zusammenhang steht. Eine Erklärung scheint mir die Annahme zu bieten, dass infolge der Aufsaugung der Baustoffe aus dem Endosperm, die in dem Beginn der Keimung vor sich geht, und an der ja die Aussen- oder späteren Unterseiten der Keimblätter zweifelsohne besonders beteiligt sind, die Ausbildung von Spaltöffnungen auf den Unterseiten unterbleibt. Doch ist die Richtigkeit dieser Annahme nicht sicher bewiesen. Auf keinen Fall zeigen alle in der Jugend als Saugorgane thätigen Keimblätter diese gleiche Eigentümlichkeit. Bei anderen, z. B Ricinus, finden sich auch auf der Unterseite der Keimblätter zahlreiche Spaltöffnungen, die sich allerdings etwas später entwickeln als die der Keimblattoberseite.

Von der Epidermis umschlossen, findet sich ein Gewebekörper, der in der Mitte von einem Fibrovasalstrang und an den beiden Kanten von je einem Harzgange durchzogen ist.

Diese Grundmasse des Blattes besteht aus einem unregelmässigen, von ziemlich weiten Luftlücken unterbrochenen Gewebe, das sich aus grossen, nach der Fläche des Blattes plattenförmigen, rundlichen oder subquadratischen oder schwach in die Länge gezogenen Zellen zusammensetzt.

Eine Differenzierung in Pallisaden- und Schwammparenchym lässt das Mesophyll in keiner Weise erkennen, und nur die direkt unter der Epidermis der Blattober- und Blattunterseite gelegene Schicht, sowie das Gefässbündel und die Harzgänge zeigen in der Form der sie zusammensetzenden Zellen eine Abweichung von der Hauptmasse.

Die Zellschicht, die unter der Epidermis der Oberseite liegt, besteht aus rundlichen Zellen, die in Längsreihen angeordnet sind. Nur selten sind die Zellen schwach verlängert und dann so orientiert, dass ihre Längsachse senkrecht zur Längserstreckung des Blattes steht. Die unterhalb einer Spalt-

öffnung gelegenen Zellen dieser Schicht sind kleiner als die umgebenden und lassen eine deutliche Atemhöhle zwischen sich. Auch sonst finden sich zwischen den Zellen dieser Schicht häufig kleinere Intercellularräume.

Anders gestaltet sind die Zellen, welche die direkt unter der Epidermis der Blattunterseite gelegene Schicht zusammensetzen. Sie sind stark verlängert und liegen gleich den Epidermiszellen der Unterseite in sehr deutlichen Längsreihen, aber die Längsrichtung der einzelnen Zellen ist quer und steht also senkrecht zur Richtung der von ihnen gebildeten Reihen und zur Längsrichtung der Epidermiszellen, so dass sich epidermale und subepidermale Zellen kreuzen. Die Mehrzahl der Zellreihen dieser Schicht besteht aus Zellen, die ungefähr 4—6 mal so lang als breit sind; doch finden sich zwischen diesen Reihen vereinzelt andere, die aus kürzeren Zellen — nur 2—3 mal so lang als breit — sich zusammensetzen.

Die Zellen jeder einzelnen Reihe schliessen fest an einander und lassen nur wenige, kleine Intercellularräume zwischen sich; dagegen liegen zwischen den einzelnen Zellreihen zahlreiche, wenn auch kleine Intercellularräume. Auf jeden Fall ist das System der Lufträume in dieser Schicht geringer entwickelt als in der vorhin besprochenen. Die einzelnen Zellen, sowol dieser wie der vorhin besprochenen Schicht, sind dünnwandig und ohne sonstige hervorstechende Eigenschaften.

Sowol in der der Epidermis der Unterseite, wie in der der Oberseite des Blattes benachbarten Zellschicht finden sich eigenartige Idioblasten. Dieselben stellen lange, unverzweigte Schläuche dar, deren Wand mässig stark verdickt ist. In den mit Saffranin behandelten Präparaten fallen sie auf medianen Querschnitten oder Flächenansichten der subepidermalen Schicht als lange, tief rote Schläuche auf, welche sich sehr scharf von dem umgebenden, nur schwach rot gefärbten Gewebe abheben. Doch rührt diese rote Färbung nicht von einer Verholzung oder sonstigen chemischen Veränderung der Wände der Idioblasten her, sondern es ist der Inhalt, der sich so stark färbt. Die Wände der Idioblasten sind nur schwach rot gefärbt und erscheinen als starke, glänzende, helle Linien zu beiden Seiten der dunkelroten Färbung.

Dass die lebhafte Färbung, die diese Elemente in der Längsansicht zeigen, fast nur von ihrem Inhalte herrührt, konnte auf einigen Präparaten auch direct mit Sicherheit beobachtet werden, bei denen die Wand des Idioblasten an einer kleinen Stelle verletzt und der Inhalt zum Teil herausgetreten war. Derselbe fand sich vor der verletzten Stelle des Idioblasten in Form von gesonderten Kugeln und Kügelchen, die genau dieselbe starke, rote Färbung zeigten wie die unverletzten Idioblasten. Die Partieen des Schlauches, aus denen der Inhalt herausgetreten war, waren nur schwach gefärbt. Für gewöhnlich werden eben auf medianen Quer- oder auf Flächenschnitten die Idioblasten nicht direct durchschnitten. Ihr Inhalt bleibt also in ihnen und verleiht ihnen bei Behandlung mit Saffranin die auffallende

Färbung. Dagegen ist es fast unvermeidlich, dass bei einem transversalen Querschnitt diese Zellen durchschnitten werden, so dass ihr Inhalt herausfliesst. Dann sind die Zellen in Folge ihrer geringen Wandverdickung nur wenig verschieden von den umgebenden, ein Umstand, der erklärt, dass diese Elemente auf dem transversalen Querschnitt so leicht zu übersehen sind.

Die Länge dieser Zellen ist eine ausserordentlich grosse. Auf einem medianen Querschnitt, der aufs Geradewohl herausgegriffen wurde, betrug die Länge einer solchen Faserzelle 2,673 mm, die einer anderen 1,17 mm. Ein Irrtum ist dabei in Folge der günstigen Beobachtungsverhältnisse absolut ausgeschlossen. Die angeführten Zahlen sind keineswegs Extreme, und man kann sagen, dass die Länge dieser Fasern meist zwischen 1 und 3 mm liegt.

Diese ausserordentlichen Zellen endigen bald abgeschrägt und in Folge dessen spitz, bald stumpf und mit einer schwachen Anschwellung. Sie liegen genau parallel zur Längsrichtung des ganzen Blattes. An den Stellen, wo sie sich finden, ist die Epidermis schwach und unregelmässig hervorgewölbt.

Ihre Verteilung in der Fläche des Blattes ist eine derartige, dass sowol auf der Unter- wie auf der Oberseite in der subepidermalen Schicht 3—5 Reihen derselben sich finden, die einzeln liegen, aber nur auf dem mittleren Teil des Blattes vorhanden sind. Auf der Blattunterseite liegen dieselben in dem mittleren Drittel des Querschnitts, an der Oberseite sind sie meist noch mehr zusammengedrängt.

Fast stets liegen diese faserförmigen Zellen, die man trotz ihrer wenig bedeutenden Wandverdickung versucht ist, im Hinblick auf die ähnlich gestalteten und an gleicher Stelle befindlichen Zellen aus der Laubnadel der Tanne, für sklerenchymatische Elemente zu halten, zu mehreren hinter einander in einer Längsreihe, und da sie an den Stellen, wo zwei von ihnen an einander grenzen, durch über einander Legen der Enden in festerem Zusammenhang stehen, dürften sie, trotz ihrer nicht sehr beträchtlichen Zahl und nur mässigen Verdickung, vielleicht doch einen Aussteifungsapparat für das Blatt bilden.

Auf der Oberseite des Blattes finden sich zuweilen auch in etwas tieferen Zellschichten derartige Schläuche. Sie bilden die Vermittelung zu den direkt im Zusammenhang mit dem Leitbündel stehenden Bastzellen.

In der Nähe der Blatträndер sind die Zellen des Mesophylls von etwas kleinerem Querschnitte und mehr rundlich als in der Mitte des Blattes. In diese Partie des Mesophylls eingelagert findet sich kurz vor jedem Blattrande ein Harzgang. Derselbe liegt nicht mitten in der Dicke des Blattes, sondern grenzt stets näher an die Blattunterseite. Auf dem transversalen Querschnitt lässt sich stets eine, nicht selten aber zwei Lagen von Zellen unterscheiden, die sich durch ihre Kleinheit, die Zartheit ihrer Wände und ihre regelmässige peripherische Lagerung, sowie durch die Beschaffenheit ihres Plasmas als zum Harzgange gehörig erkennen lassen. Die innerste Schicht dieser Gänge besteht aus 9—12 kleinen, im Kreise gelagerten Zellen und

ist als die eigentliche harzbildende Schicht anzusehen, die äussere Schicht ist nicht in allen Fällen regelmässig und auch nicht immer vollständig ausgebildet.

Die Mitte des Keimblattes und zugleich sein dickster Teil wird von dem einzigen, unverzweigten Fibrovasalstrang durchzogen. Seinem Bau nach ist derselbe collateral. Der Hadromteil ist nach der Blattoberseite gerichtet und lässt auf dem Querschnitte zwei Bestandteile unterscheiden, erstens eine Anzahl stark verdickter, enger Tracheiden, deren Wandungen sich mit Saffranin stark färben, und die so gelagert sind, dass der Querschnitt der ganzen Masse ungefähr die Form eines gleichschenkligen Dreiecks hat, dessen Spitze nach der Oberseite des Blattes gerichtet ist, und dessen Grundlinie nach dem Phloem hinweist, und zweitens eine Anzahl dünnwandiger Holzparenchymzellen, die um die beiden kurzen Seiten des Tracheidenbündels herumgelagert sind.

Ein Längsschnitt des Gefässbündels zeigt, dass die sich stark färbenden Tracheiden teils sehr enge spiralige, teils ringförmige Verdickungsfasern, teils deutliche, in einer Reihe stehende Hoftüpfel aufweisen.

Eine reihenförmige Anordnung der Elemente des Hadromteils ist kaum vorhanden, die einzelnen ihn bildenden Zellen stossen dicht zusammen und lassen keine Intercellularräume zwischen sich.

Auch das Leptom lässt sich ungezwungen in zwei Teile gliedern. Die Zellen des nach der Blattunterseite zu gelegenen Teils zeigen im Querschnitt eine unregelmässige Form und zum Teil hin und her gebogene Wandungen. Ihr Lumen ist von wechselnder Grösse, sie stossen nicht fest an einander, sondern lassen zahlreiche Intercellularräume zwischen sich. Eine bestimmte Anordnung ist bei ihnen nicht zu erkennen.

Der innere, dem Hadrom benachbarte Teil des Leptoms setzt sich dagegen aus äusserst zartwandigen Zellen von sehr kleinem Lumen zusammen, die eine Anordnung in senkrecht zur Grenze von Hadrom und Leptom stehenden Reihen erkennen lassen und somit auf die Thätigkeit eines zwischen beiden gelegenen Cambiums hinweisen.

Die den inneren Leptomteil zusammensetzenden Zellen schliessen im Gegensatz zu denen des äusseren Teils fest und ohne Intercellularräume an einander.

Alle Elemente des Leptoms können zu den Cambiformzellen gezählt werden.

In den peripherischen Teilen des Fibrovasalstranges bestehen sowohl Phloem wie Xylem aus weiten, dünnwandigen, wenig von einander unterschiedenen Zellen, die reichlich kleinere Intercellularräume zwischen sich lassen. Eine im Querschnitt ringförmige Schicht von gleichfalls weitlumigen, doch fest an einander schliessenden Zellen begrenzt nach aussen den Fibrovasalstrang und bildet so eine wenig charakteristische Strangscheide.

Ausserhalb derselben liegen die Mesophyllzellen, die sich durch ihre viel bedeutendere Grösse, unregelmässigere Form und die Weite der zwischen

ihnen liegenden Intercellularräume von allen Zellen des Gefässbündels unterscheiden.

An der Aussenseite des Fibrovasalstranges, respective vielleicht in den äussersten Teilen desselben, liegen Sklerenchymfasern von gleicher Beschaffenheit, wie sie vorhin aus der subepidermalen Schicht beschrieben wurden.

In den äussersten Schichten des Fibrovasalstranges, deren Zellen nur wenig in die Länge gestreckt und schon weitlumig sind, und in seiner nächsten Umgebung finden sich zwischen ganz unverdickten Zellen zahlreich solche, deren Wandung, obwol wenig verdickt, in beträchtlicher Menge kleine Hoftüpfel besitzt. Die Hoftüpfel erscheinen, je nachdem sie von der Fläche oder im Durchschnitt gesehen werden, als kleine Kreise oder der Zellwand zu beiden Seiten ansitzende Kreissegmente, die, wenn der Schnitt genau durch den Tüpfelporus geht, an der Spitze durchbrochen sind.

Die Gesamtheit dieser rings um das Gefässbündel verbreiteten Zellen entspricht dem Transfusionsgewebe der Nadeln, das zum Stoffaustausch zwischen Mesophyll und Leitbündel des Blattes dient und bei vielen Coniferen, so z. B. auch bei Abies alba Mill., in der Nadel vorhanden ist.

Vergleichen wir noch ganz kurz den Bau des Keimblattes mit dem des Laubblattes (der Nadel) von Abies alba. Drei durchgreifende Unterschiede lassen sich erkennen, im Bau der Epidermis, des Gefässbündels und des Mesophylls.

Beim Keimblatt finden sich die Spaltöffnungen ausschliesslich auf der Oberseite, beim Laubblatt umgekehrt allein auf der Unterseite, während seine Oberseite vollkommen entblösst von denselben ist. Beim Laubblatt sind die Spaltöffnungen auf zwei schmälere Streifen beschränkt, aber in grösserer Anzahl vorhanden und in regelmässigeren Reihen angeordnet wie beim Keimblatt. Der Bau des einzelnen Spaltöffnungsapparates ist bei Keim- und Laubblatt nahezu gleich.[2])

Während zweitens das Keimblatt ein einziges, einheitliches Gefässbündel hat, liegen in der Mitte des Laubblatts dicht neben einander und nur durch eine Schicht weiter Zellen getrennt zwei Gefässbündel, die aus in Reihen stehenden Tracheiden sich zusammensetzen. Die Strangscheide ist für beide Bündel des Laublatts eine einheitliche, das Transfusionsgewebe findet sich beim Keim- und Laubblatt.

Endlich hat sich drittens im Mesophyll des Laubblatts ein charakteristisches, unter der Epidermis der Blattoberseite gelegenes Pallisadengewebe herausgebildet, das aus cylinderförmigen, auf die Oberfläche senkrecht gestellten und nach dieser Richtung verlängerten Zellen besteht, eine Differenzierung, von der beim Keimblatt auch nicht einmal eine Andeutung vorhanden ist.

---

[2]) cfr. Adolf Mahlert: Beiträge zur Kenntnis der Anatomie der Laubblätter der Coniferen mit besonderer Berücksichtigung des Spaltöffnungsapparates. Botanisches Centralblatt XXIV, Cassel 1885.

Zwischen den Zellen der beiden subepidermalen Schichten und in der Umgebung des Gefässbündels finden sich beim Laubblatt Sklerenchymfasern eingestreut, die aber in weit grösserer Anzahl vorhanden und viel stärker — bis nahe zum Verschwinden des Lumens — verdickt sind, wie beim Keimblatt.

Zea Mais L.

Bei Zea, wie bei den Gramineen überhaupt, sind die verschiedenen Forscher verschiedener Ansicht darüber, was wir als Keimblatt zu betrachten haben. Van Tieghem hat in seiner Arbeit über den Cotyledon der Gramineen (3) die bis in den Anfang der siebziger Jahre ausgesprochenen Ansichten übersichtlich zusammengestellt.

Gegenwärtig kommen hauptsächlich zwei Ansichten in Betracht: entweder bezeichnet man das Scutellum allein als Keimblatt und das erste darüberstehende, meist scheidenartige Blattgebilde als erstes Laubblatt, oder man sieht das Scutellum und das erste Scheidenblatt als zwei mehr oder minder weit auseinandergerückte Teile des einzigen Cotyledons an.

Van Tieghem[3]) hat sich für die zweite Ansicht entschieden. Nach ihm haben Klebs und Hackel zu der Frage Stellung genommen, Klebs in seiner weiter oben citierten Arbeit[4]) für van Tieghems Ansicht, und Hackel[5]) gegen dieselbe. Ich selbst halte mit Klebs die Ansicht van Tieghems für richtiger. Jedenfalls kann die von Hackel als entscheidend gegen die Ansicht van Tieghems angeführte Thatsache, dass bei vielen Gramineen, so auch bei allen Maydeen, das Scutellum und das Scheidenblatt durch ein langes Internodium getrennt sind, in keiner Weise als massgebend angesehen werden. Denn die anatomische Gestaltung dieses axenartigen Gebildes ist vollkommen verschieden von der eines monocotylen Stengelorganes und gleicht mit ganz wenigen Abweichungen dem einer Wurzel, eine Thatsache, die schon von van Tieghem[6]) und de Bary[7]) angedeutet ist, aber sonst kaum Beachtung gefunden hat.

Ich habe nur die anatomische Beschaffenheit des Scutellums untersucht, der Bau des Scheidenblattes ist schon von Gris[8]) beschrieben. Die Hauptmasse des Scutellums besteht aus einem festen, parenchymatischen Gewebe, dessen einzelne Zellen isodiametrisch und dünnwandig sind und zahlreiche Punkttüpfel führen. Die Dicke dieser Schicht ist eine sehr wechselnde, von

[3]) Ph. van Tieghem: Observations anatomiques sur le cotylédon des Graminées Ann. d. sc. nat. 5 sér. Bot. t. XV p. 236—276. Paris 1872.

[4]) Cfr. l. c. p. 570.

[5]) E. Hackel: Gramineae, in Engler-Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien, Teil II Abteil. 2 pag. 12. Leipzig 1887.

[6]) l. c. p. 260—261.

[7]) A. de Bary: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne pag. 278. Leipzig 1877.

[8]) Cfr. l. c. p. 70—82.

wenigen Zellschichten bis zu einer grossen Anzahl solcher, je nach dem Ort, an dem das Scutellum durchschnitten wird. Auf der concaven inneren Seite des Scutellums ist eine eigentliche Epidermis nicht ausgebildet, die Aussenwand der die Epidermis ersetzenden Zellen ist kaum etwas stärker verdickt und nur durch das Fehlen der Tüpfel ausgezeichnet.

Die ganze convexe, dem Endosperm anliegende Seite des Schildchens ist dagegen mit einem schön ausgeprägten Cylinderepithel überzogen. Dasselbe besteht aus lang gestreckten, cylindrischen Zellen, die in ihrer Form am ehesten den Pallisadenzellen der Laubblätter gleichen. Ihre Länge ist im Durchschnitte fünf mal so gross wie ihr Querdurchmesser. Die Wandungen dieser Cylinderzellen sind sehr dünn. Sie stehen dicht an einander gedrängt und wenn, wie es an manchen Stellen der Fall ist, das parenchymatische Gewebe des Scutellums an dieser Seite Falten zeigt, so sind diese gleichfalls mit dem Cylinderepithel ausgekleidet. Das Cylinderepithel von Zea dient gleich dem einer grossen Reihe anderer, in endospermhaltigen Samen befindlicher, hypogäischer Keimblätter zur Aufnahme der im Endosperm enthaltenen Nahrungsstoffe.

Unterstützt wird die schnelle Nutzbarmachung der im Endosperm aufgespeicherten Reservestoffe durch die Anordnung der Stoffleitungsbahnen. Das aus dem Achsenteil in das Scutellum eintretende Gefässbündel, das sehr stark ist, teilt sich sofort in drei Äste, einen mittleren, stärksten und zwei seitliche, schwächere. Auffallend ist, dass in diesen Bündeln das Xylem nur sehr schwach vertreten ist.

Der mittlere, stärkste Ast dringt horizontal ein wenig in das Scutellum ein und erhebt sich dann ungefähr in der Mittellinie desselben, um den oberen Teil bis zur Spitze zu durchziehen. Die beiden seitlichen, ganz aus Phloem oder doch aus cambiform-ähnlichen Elementen bestehenden Äste des in das Scutellum eintretenden Fibrovasalstranges biegen sehr bald nach unten um, teilen sich weiter und weiter und bilden schliesslich eine Anzahl zarter Procambium-ähnlicher Stränge, die den unteren Teil des Scutellums durchziehen. Ein Querschnitt durch diese Gegend zeigt sie in einem der Oberfläche des Scutellums parallelen Bogen verteilt. Die Zahl dieser kleinen Bündel wechselt von 10 bis 20. Ihr ganzer Bau, der sehr einfach ist, ihre Zusammensetzung bloss aus Cambiformzellen zeigen, dass sie nur bestimmt sind, die in ihrer Umgebung zusammenströmenden gelösten Bildungsstoffe an die Hauptverbrauchsstätten zu befördern. In dieser Hinsicht werden sie unterstützt durch die allerdings wenig zahlreichen Procambiumstränge, die sich von ihnen bis in die Nähe des an diesem Teile kürzeren Cylinderepithels erstrecken.

Bei dem aufsteigenden Hauptaste des scutellaren Fibrovasalstranges treten anfangs die Xylemteile gegen das Phloem beträchtlich zurück. Das Xylem liegt an der inneren, der Abstammungsachse des Keimblattts zugewendeten Seite des Gefässbündels und umschliesst in einer dünnen, im Querschnitt halbmondförmig gekrümmten Schicht das Phloem. Je weiter das Bündel jedoch

in dem Scutellum emporsteigt, desto mehr dehnt sich das Xylem aus, bis es schliesslich das ganze Phloem umrahmt, so dass der collaterale Bündelbau in einen eigentümlich concentrischen übergeht, derart, dass das Xylem in der Peripherie, das Phloem in der Bündelmitte verläuft, entgegengesetzt dem sonstigen concentrischen Bündelbau.

In einiger Höhe über dem Ursprungsorte beginnt der aufsteigende Fibrovasalstrang Seitenäste abzugeben, und in der Verteilung derselben zeigt sich sehr charakteristisch die Abhängigkeit der Anordnung der Stoffleitungsbahnen von der biologischen Funktion des durchzogenen Gewebes. Nach der Innenseite des Scutellums, wo dasselbe an die Schale des Maiskorns grenzt, wird kein einziger Seitenast abgegeben. In sehr grosser Anzahl gehen dagegen die Äste nach der convexen Seite des Scutellums, wo dasselbe an das Endosperm stösst und aus diesem die plastischen Stoffe aufnimmt. Nach allen Teilen dieser Seite strahlen die Äste des Gefässbündels aus, teilen sich wieder und wieder, um schliesslich mit ihren feinsten Auszweigungen zwischen den Zellen der zweiten Parenchymschicht unter dem Pallisadenepithel zu endigen.

Der Bau der Seitenzweige gleicht dem des Hauptbündels, nur dass die ersteren viel kleiner und zarter sind. Die ersten, untersten, abgehenden Äste sind collateral gebaut und bestehen noch vorwiegend aus Phloem; alle späteren, oberen Äste und sämmtliche feineren Auszweigungen derselben sind concentrisch gebaut. Das Xylem der kleineren Äste besteht aus mannigfaltig durch einander gelagerten und verschlungenen, engen Spiraltracheiden, das Phloem aus zarten Cambiformzellen.

Das Scutellum von Zea funktioniert als Absorptionsorgan, und die Anpassung des anatomischen Baues an diese Thätigkeit ist eine so vollkommene, dass Differenzierungen in demselben sich nur in so fern finden, als sie zur absorbierenden Thätigkeit des Keimblatts in Beziehung stehen.

Coix Lacryma L.

Der anatomische und morphologische Bau des Scutellums ebenso wie des Verbindungsgliedes von Scutellum und Scheidenblatt stimmen vollkommen mit dem der entsprechenden Organe von Zea überein.

Zusammenfassung.

Die anatomische Structur der Keimblätter ist, auch abgesehen von unwesentlichen Besonderheiten, eine verschiedene. Die Verschiedenheiten stehen in Zusammenhang mit den Leistungen der Keimblätter für die junge Pflanze.

Den einfachsten Bau besitzen die unter der Erde bleibenden Keimblätter endospermloser Samen (Phaseolus, Vicia); die Entwickelung, welche solche Keimblätter während der Keimung durchmachen, beschränkt sich fast ganz auf die Ausbildung des Leitungssystems.

Die kaum merkliche postembryonale Entwickelung haben mit den vorigen die hypogäischen Keimblätter endospermhaltiger Samen (Zea, Coix) gemeinsam. Dagegen zeigen sie eine viel weiter gehende Differenzierung im anatomischen Bau, indem sie ein der Aufnahme plastischer Stoffe aus dem Endosperm dienendes Cylinderepithel besitzen und auch in der Verteilung der Leitungswege eine Anpassung an die Stoffaufnahme aus dem Endosperm zeigen.

Nahezu den gleichen, einfachen Bau wie die endospermlosen, hypogäischen Keimblätter zeigen diejenigen epigäischen Keimblätter endospermloser Samen, die zwar über die Erde kommen, aber sich nur wenig vergrössern (Lupinus). Dagegen machen diese eine nicht unwesentliche Entwickelung durch, indem nicht nur das Leitungssystem ausgebildet wird, sondern auch die Epidermis eine durchgreifende Umbildung erfährt und im Mesophyll eine Teilung in chlorophyllreiches und chlorophyllarmes Gewebe eintritt.

Den vorigen ähnlich, aber in jeder Hinsicht höher stehend, sind die endospermlosen Keimblätter, welche nicht nur über die Erde treten, sondern sich auch zu grossen laubblattähnlichen Gebilden entwickeln (Cucurbita, Cucumis, Helianthus, Impatiens, Fagus). Nicht nur machen alle Gewebe derselben eine tiefgreifende postembryonale Entwickelung durch, sondern auch schon vor Beginn der Keimung ist eine Teilung des Mesophylls in Pallisaden- und gewöhnliches Parenchym eingetreten, und in der Nähe der Procambiumstränge finden sich Stereomanlagen.

Im entwickelten Zustande mit den eben besprochenen Keimblättern übereinstimmend sind die oberirdischen, laubblattähnlichen Keimblätter endospermhaltiger Samen (Ricinus, Tilia, Capsicum, Foeniculum). Dagegen ist die postembryonale Entwickelung viel weitergehend, da sie im ungekeimten Zu-

stande nicht so weit ausgebildet sind wie die der vorigen Gruppe. Vor allem die Pallisadenschicht und die Epidermis sind in ihrer Entwickelung weit zurück und bedürfen noch einer starken Umbildung, ehe sie das Stadium erreicht haben, in dem sich die endospermlosen Keimblätter schon am Schlusse des embryonalen Zustandes befinden. Daher kommt es, dass, während das Pallisadenparenchym endospermloser Keimblätter bei Beginn der Keimung nur eine geringe Umbildung erfährt, dasjenige endospermhaltiger Keimblätter schon ganz zuerst eine tiefgreifende Veränderung durchmacht. Ähnliches gilt von der Epidermis.

In ihrer äusseren Form und Ausbildung von den übrigen ganz abweichende Keimblätter (Abies) zeigen auch einen abweichenden anatomischen Bau.

Im allgemeinen stimmen laubblattähnliche Keimblätter hinsichtlich des anatomischen Baues mit echten Laubblättern überein; meist sind erstere etwas dicker und das mechanische System ist schwächer entwickelt, auch sind an Stelle echter Bastfasern Collenchymstränge ausgebildet (Ausnahme Impatiens).

Spaltöffnungen finden sich an allen über die Erde tretenden Keimblättern; selten sind sie nur auf einer Seite entwickelt — und dann entweder auf der Unterseite (Fagus) oder auf der Oberseite (Abies) —, meist finden sie sich auf beiden Seiten. Gewöhnlich sind sie dann auf der Unterseite in grösserer Anzahl vorhanden, doch kommt auch das entgegengesetzte Verhalten vor (Lupinus angustifolius und L. luteus); manchmal finden sich auf beiden Seiten nahezu gleichviel Spaltöffnungen.

Haarbildungen finden sich in einigen Fällen (Cucurbita, Cucumis, Capsicum), die Haare stehen entweder auf der Oberseite oder auf beiden Seiten.

Vorstehende Untersuchungen wurden im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau ausgeführt. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle dem Direktor desselben, Herrn Geheimen Regierungsrat Professor F. Cohn, meinen ehrerbietigen Dank für das warme Interesse und die vielfältige Unterstützung, die er meiner Arbeit zu teil werden liess, auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Paul Karl Kumm, katholischer Confession, bin am 19. November 1866 als Sohn des verstorbenen Kaufmanns Karl Kumm und seiner Ehefrau Anna, geb. Pigłosiewicz, in Danzig geboren, besuchte daselbst seit Ostern 1874 das Realgymnasium zu St. Johann und erhielt von dort am 1. März 1884 das Zeugnis der Reife. Am 24. April 1884 wurde ich auf der Universität Breslau immatrikuliert und widmete mich dort dem Studium der Naturwissenschaften. Ich besuchte die Vorlesungen, Übungen und Colloquien der Herren Professoren und Docenten: Auerbach, F. Cohn, H. Cohn, Engler, B. Erdmann, Gaspary, Göppert, Gürich, Lehmann, O. E. Meyer, Partsch, Pax, Poleck, v. Richter, Roemer, Rohde, Schneider, J. Schröter, Schwarz und Vischer.

Sieben Semester arbeitete ich im pflanzenphysiologischen Institute des Herrn Professor F. Cohn und sechs Semester im mineralogischen Museum des Herrn Professor Roemer.

Allen genannten Herren, besonders aber den Herren F. Cohn und Roemer, denen ich vorzüglich die Förderung meiner wissenschaftlichen Ausbildung verdanke, spreche ich hierdurch meinen ehrerbietigsten Dank aus.

In der Zeit vom 1. April 1888 bis zum 31. März 1889 verwaltete ich das Amt eines Assistenten am mineralogischen Museum zu Breslau; seit dem 1. April 1889 bin ich Assistent am botanischen Garten der grossherzoglichen technischen Hochschule zu Karlsruhe i. B.

Während meines Aufenthalts in Breslau gehörte ich dem dortigen akademischen naturwissenschaftlichen Verein als Mitglied an.

Thesen.

1) Die Ansicht, dass das Scutellum allein das Keimblatt der Gräser bilde, ist falsch; das Keimblatt besteht aus dem Scutellum und dem ersten Scheidenblatte.

2) Die Thallophyten als eine einheitliche und den übrigen Hauptgruppen des Pflanzenreiches gleichwertige Abteilung zu betrachten, ist falsch.

3) An der Zusammensetzung der Orchideenblüte ist die Blütenachse in hervorragendem Maasse beteiligt.

4) Die Einteilung der Echinoidea in Regulares und Irregulares ist derjenigen in Palechinoidea und Euechinoidea vorzuziehen.

5) Die Cystoidea sind als die älteste Echinodermengruppe anzusehen, von der alle übrigen Gruppen abstammen.

6) Unter den neueren Vererbungstheorien stimmt die von Weismann aufgestellte am besten mit den Thatsachen der Einzelforschung überein; nur muss die Annahme von der absoluten Unveränderlichkeit des Keimplasmas fallen gelassen werden.